

Aus dem Anatomischen Institut der Justus Liebig-Universität Gießen
und
dem W. G. Kerckhoff-Herzforschungsinstitut
der Max-Planck-Gesellschaft, Bad Nauheim

**Faseranalytische Untersuchungen
an peripheren Nerven bei Tieren
verschiedener Größe**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

Vorgelegt von
Gislinde Schnepf
und
Peter Schnepf
aus Gießen

Gießen 1970



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545921_0009

Aus dem Anatomischen Institut der Justus Liebig-Universität Gießen
und
dem W. G. Kerckhoff-Herzforschungsinstitut
der Max-Planck-Gesellschaft, Bad Nauheim

**Faseranalytische Untersuchungen
an peripheren Nerven bei Tieren
verschiedener Größe**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

Vorgelegt von
Gislinde Schnepf
und
Peter Schnepf
aus Gießen

Gießen 1970

Dekan: Prof. Dr. H.G.Lasch
Referenten: Prof. Dr. A. Oksche
Priv. Doz. Dr. F.W. Klussmann
Coreferent: Prof. Dr. K. Kunze



Inhaltsverzeichnis

Seite

A.	<u>Einleitung</u>	1
B.	<u>Material und Methodik</u>	2
I.	Lichtmikroskopische Methodik	2
a)	Markscheidendarstellung am Querschnitt ...	3
b)	Zupfpräparate zur Darstellung der Ranvierschen Schnürringe	3
c)	Ermittlung des Schrumpfungsfaktors	7
II.	Elektronenmikroskopische Methodik	9
C.	<u>Befunde</u>	9
I)	Lichtmikroskopische Ergebnisse	9
1)	Unterschiede in Zahl und Größe der Fas- zikel im Querschnittsbild	9
2)	Gesamtzahl der lichtmikroskopisch sicht- baren Fasern	12
3)	Faserkaliber	12
4)	Prozentuale Verteilung der Faserkaliber in den Nerven	14
5)	Beziehungen zwischen Achsenzylinderdurch- messer, Fasergesamtdurchmesser und Markscheidendicke beim N. ischiadicus ...	17
6)	Internodallänge	27
II)	Elektronenmikroskopische Ergebnisse	33
D.	<u>Diskussion</u>	34
1.	Querschnittsbild	34
2.	Faserzahl und Faserkaliber	36
3.	Beziehungen zwischen Axondurchmesser, Fasergesamtdurchmesser und Markscheiden- dicke	42
4.	Internodaldistanz	44
E.	<u>Zusammenfassung</u>	46
F.	<u>Anhang</u>	48
G.	<u>Literaturverzeichnis</u>	60

A. EINLEITUNG

In der Literatur findet sich eine Vielzahl von licht- und elektronenmikroskopischen faseranalytischen Arbeiten über Nerven verschiedener Tierarten und des Menschen (HÄGGQVIST, G. 1948; FERNAND, U. und J. YOUNG 1951; TOMASCH, J. und H. G. SCHWARZACHER 1952; WASANO, T., T. TAGAWA, Y. UEHARA, K. ODA, A. MIYAKE, T. OKABE und S. KOGA 1962; MICHAILLOW, S. 1968). Diese Untersuchungen sind jedoch selten am gleichen Nerven durchgeführt worden und weichen zudem in der angewandten Fixations- und Färbetechnik so stark voneinander ab, daß ihre Ergebnisse nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar sind. Es fehlte somit bis jetzt eine einheitliche vergleichende Untersuchung über den Einfluß der Tiergröße und Tierart auf Gesamtzahl und Durchmesser von Nervenfasern, Dicke der Markscheiden, Internodallänge und andere morphologische Charakteristika.

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, durch vergleichende Messungen die Abhängigkeit dieser Größen zum Körpergewicht aufzudecken. (s. hierzu auch SPAAN, G., G. SCHNEPP, P. SCHNEPP, A. OKSCHE und F. W. KLUSSMANN, 1969).

B. MATERIAL UND METHODIK

Untersucht wurden die Nn. ischiadici der folgenden adulten Tiere: Maus (6), Ratte (5), Meerschweinchen (3), Katze (1) und Hund (1), sowie die Nn. phrenici zweier Hunde; insgesamt 30 Nerven, mehrfach der rechte und der linke Nerv des gleichen Tieres. 1)

I. Lichtmikroskopische Methodik

Die Nn. ischiadici wurden vor der Teilung in N. tibialis und N. peroneus aufgesucht, von hier aus plexuswärts freipräpariert und in vivo fixiert. Dann wurde ein längeres Stück herausgetrennt und in drei gleiche Teile zerlegt.

1) An dem einen N. ischiadicus waren stets elektrophysiologische Untersuchungen vorausgegangen. Über diese Ergebnisse haben G. SPAAN und F. W. KLUSMANN 1968 in ihrer Arbeit "Die Frequenz des Kältezitterns bei Tierarten verschiedener Größe" (z. Z. in Pflügers Archiv im Druck) berichtet.

Um eventuelle Folgen des operativen Eingriffs bzw. während der Versuchszeit entstandene Strukturveränderungen auszuschließen, wurde der kontralaterale N. ischiadicus als unbehandeltes, sehr schonend konserviertes Kontrollobjekt mituntersucht. So wurden Voraussetzungen für eine direkte Korrelation der physiologischen und morphologischen Ergebnisse geschaffen.

Die Fixierung des gesamten Materials erfolgte mit Glutaraldehyd nach SABATINI, BENSCH und BARNETT (s. ROMEIS 1968). Diese Methode erwies sich als die beste, da auch die feinsten Strukturen sehr gut erhalten waren. Das eine Drittel des dreigeteilten Nerven wurde mit Formalin (1:9), das zweite mit Kaliumbichromatgemisch nach KOLMER und das dritte mit Osmiumtetroxydgemisch nach FLEMMING (s. ROMEIS 1968) nachfixiert.

Elektronenmikroskopische Methodik s. S. 9.

Weitere Verarbeitung:

a) Markscheidendarstellung am Querschnitt

Wässerung der Kolmer- und Flemmingpräparate, Alkoholreihe, Einbettung in Paraplast, 5 μ dicke Querschnitte mit dem Schlittenmikrotom. Die Schnittpräparate wurden mit der Propylenglykol-Sudanschwartz-Methode für Lipide nach CHIFFELLE und PUTT (s. PEARSE, 1961) gefärbt, da mit diesem Verfahren die Markscheiden sehr klar und kräftig dunkelblau hervortreten. Die Färbungen nach SPIELMEYER und HEIDENHAIN-WÖLCKE (s. BURCK, 1966) ergaben in unserem Material keine optimalen Ergebnisse. Die Meßergebnisse wurden an Hand von Mikrophotogrammen ermittelt, die mit dem Zeiss-Photomikroskop (Objektiv 40; Optovar 1,25; Projektiv 3,2) im Kleinbildverfahren (Adox-Film, 14 DIN) hergestellt wurden.

b) Zupfpräparate zur Darstellung der Ranvierschen Schnürringe

Die formalinfixierten Nerven wurden bis zur Isolierung der Fasern gezupft und der Abstand zwischen zwei Ranvierschen Schnürringen (die Internodalstrecke) gemessen. Die Beobachtung wurde mit dem Zeiss-Photo-Mikroskop in Phasenkontrast vorgenommen.

Die endgültige Vergrößerung der Querschnittspräparate sowie der Zupfpräparate war 560fach. Der ganze Nervenquerschnitt bzw. die Nervenfaser in gesamter Länge wurde ausschnittsweise überlappend photographiert und dann auf großen Plakatkarton-Blättern wieder zu einem vollständigen Bild montiert (Abb. 1 und 2).

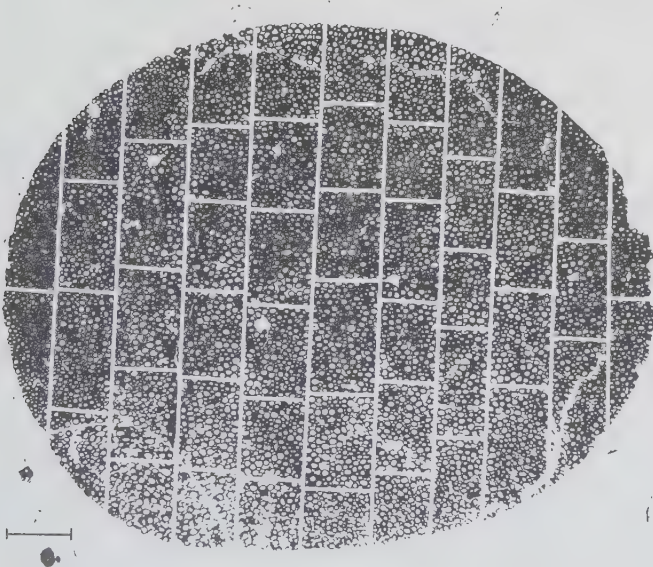
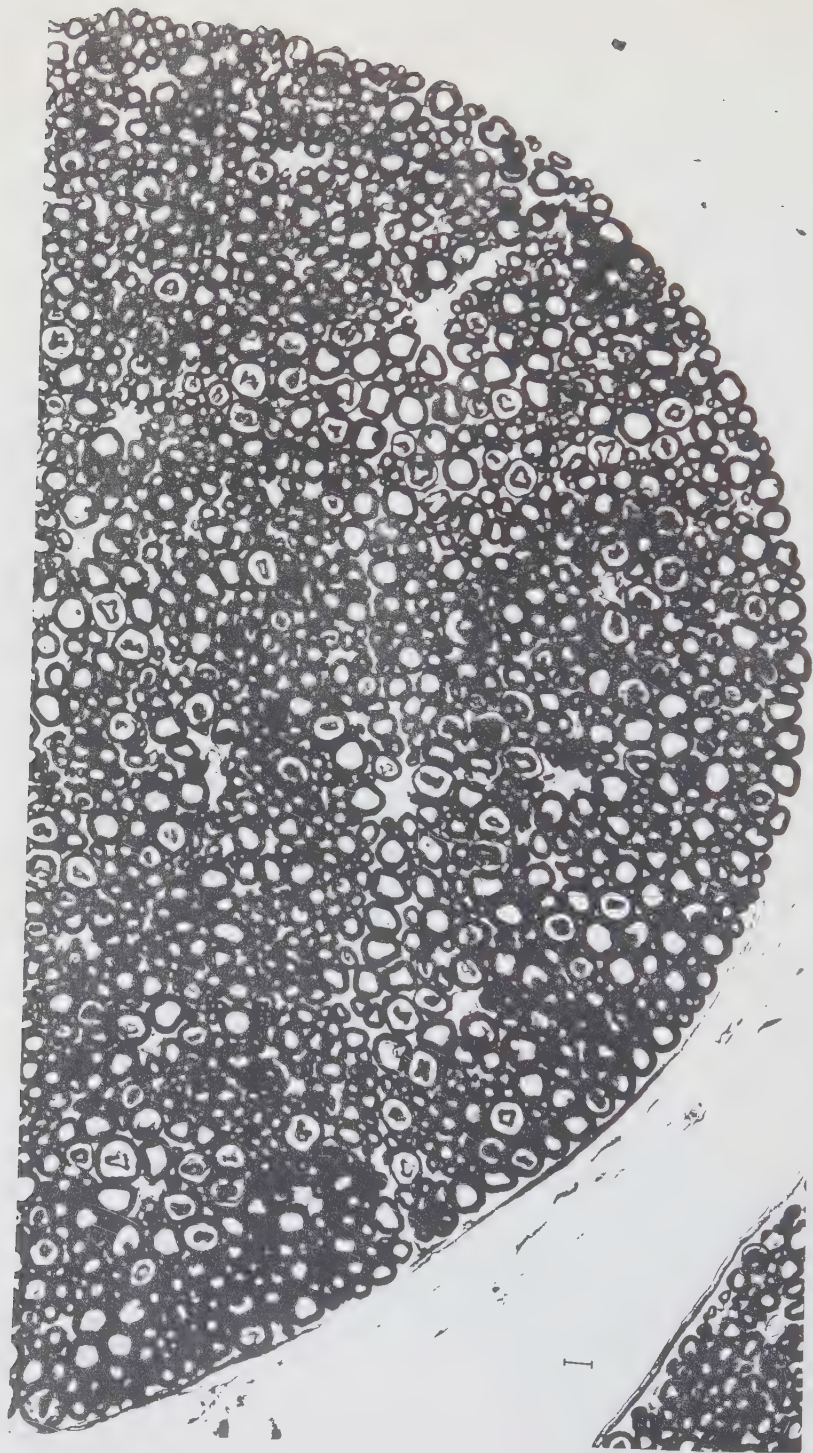


Abb. 1: Schema einer Photomontage. N. ischiadicus, Ratte. Glutaraldehyd-Flemming, Sudanschwarz. Lichtmikroskopische Aufnahme. Vergr. 125fach.

(Original: aus 49 Mikroaufnahmen zusammengesetzt. Achsen des Nervenquerschnitts etwa 56 x 46 cm; Vergr. 560fach). Maßstab: 100 μ

Abb. 2: (s. S. 5!)

Ausschnitt aus Abb. 4 a, S. 11; aus 6 Mikroaufnahmen in der Originalvergrößerung (560fach) montiert. Die Darstellung des ganzen N. ischiadicus besteht aus 39 Mikrophotographien. Maßstab: 10 μ



Je nach Größe der Nerven wurde für die Querschnittsdarstellung eine verschiedene Anzahl von Mikroaufnahmen benötigt: für die Nn. phrenici der Hunde 12, für die Nn. ischiadici der Mäuse 16-25, der Ratten 33-53, der Meerschweinchen 39-56, der Katze 208 und des Hundes 306. Die Negative (24 x 36 mm) wurden auf 9 x 13 cm vergrößert.

Die Meßergebnisse wurden nur an den mit der Flemming-schen Flüssigkeit nachfixierten Präparaten gewonnen, da diese eine kontrastreichere Markscheidenstruktur zeigten als die Kolmer- und Formalinpräparate. Gezählt wurden sämtliche Fasern jedes Nerven und die Faserzahl der dicksten Gruppe, deren Durchmesser und Markscheidendicke mit Hilfe eines mitphotographierten Mikrometers ermittelt wurden. Um möglichst exakte Befunde zu erhalten, wurde jede registrierte Faser mit dem Fettstift abgehakt.

Mit den Zupfpräparaten zur Darstellung der Ranvierschen Schnürringe wurde ähnlich verfahren. Der Verlauf isolierter Nervenfasern wurde unter dem Phasenkontrastmikroskop (Zeiss) verfolgt, ausschnittsweise photographiert und 560fach rekonstruiert.

Zur statistischen Auswertung wurden die Meßergebnisse für jede Tierart in Klassen von 1 μ bzw. 2 μ Breite eingeteilt und die jeweiligen Mittelwerte, Standardabweichungen und Varianzen errechnet. Unterschiede zwischen den einzelnen Klassen oder Tiergruppen wurden durch Varianzanalyse oder Mittelwertsvergleich mit dem t-Test geprüft. Die Regressionsgeraden wurden auf Parallelität (Gleichheit der Regressionskoeffizienten) geprüft und, falls sich Parallelität ergab, auch hinsichtlich ihres Abstandes in der y-Richtung nach dem von BROWNLEE (1965) angegebenen Verfahren.²⁾

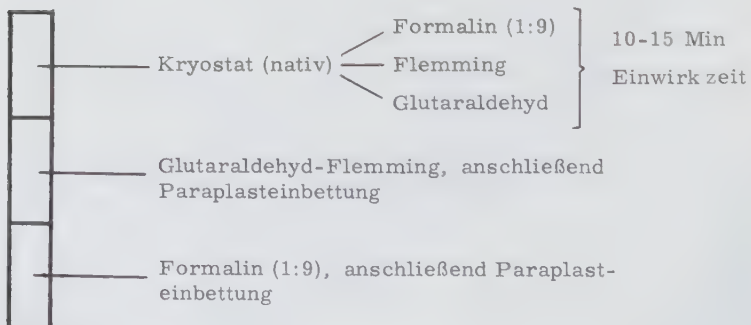
2) Wir danken Herrn Dr. Ludwig, W. G. Kerckhoff-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Bad Nauheim, für die Beratung bei der statistischen Auswertung.

c) Ermittlung des Schrumpfungsfaktors

Zur Schrumpfung von Nervengewebe waren die Angaben in der Literatur spärlich und uneinheitlich. STOEHR (1929) gibt an, daß der Achsenzylinder wegen seines größeren Wassergehaltes stärker schrumpft als die Markscheide. HURSH (1939) stellte nach Osmiumbehandlung eine 2,2 %ige Schrumpfung bei kleinen Nervenfaserbündeln der Spinalwurzeln fest, nach Entwässerung und Paraffineinbettung eine solche von etwa 24 %.

GENTELE und SWENSSON (1941) verglichen WEIGERT-Präparate und osmiumfixierte Präparate mit der ALZHEIMER-MANNschen Gliafärbung in der Modifikation von HÄGGQVIST, die bei den meisten früheren Faseranalysen verwendet wurde. Sie stellten fest, daß Weigert-Präparate etwa 20 % weniger markhaltige Fasern enthielten als die Darstellungen nach Häggqvist und daß dabei die feinen Fasern fehlten. Nach Fixierung mit Osmiumtetroxyd zählten sie etwa 10 % weniger Markscheiden als bei der Methode von Häggqvist. Da die Faserkaliber in den Osmiumpräparaten um 25 % größer waren, schlossen sie auf eine 25 %ige Schrumpfung in den Alzheimer-Mann-Präparaten.

Zur Bestimmung der Schrumpfung wurde in eigenen Untersuchungen der frische Ischiadicus einer Ratte gedrittelt:



Weitere Verarbeitung:

1.) Nerv nativ, 5 μ - Gefrierschnitte (Kryostat), Phasenkontrastmikroskopie und Photographie. Dann Auftropfen von:

- a. Formalin (1:9)
- b. Flemmingschem Gemisch
- c. Glutaraldehyd (5 %) (vgl. Schema S. 7)

Nach 15-20 minütiger Einwirkungszeit der jeweiligen Fixierungsflüssigkeit auf einen Nervenquerschnitt erfolgte eine erneute Mikraufnahme.

2.) Glutaraldehydfixierung, Nachfixierung nach Flemming (vgl. Schema S. 7).

3.) Fixierung mit Formalin (1:9) (vgl. Schema S. 7).

Die fixierten Stücke wurden in Paraplast eingebettet, 5 μ dick geschnitten, mit Sudanschwarz B nach CHIFFELLE und PUTT gefärbt und mit der Leitz-Phasenkontrastoptik photographiert. Die endgültige Vergrößerung der Mikraufnahmen war 1760fach. Die Faserdurchmesser wurden an Hand eines mitphotographierten Mikrometers bestimmt.

Ergebnisse:

1.) Nativ geschnittener Nerv

Die in Formol fixierten Schnitte waren gegenüber dem Nativnerven geringfügig gequollen, etwa 1,5 - 2 %, die Osmiumtetroxydschnitte schrumpften um 4 - 6 %, die Glutaraldehydschnitte nur um 2 - 2,5 %. Auffällig war, daß dickere Fasern stärker schrumpften als dünne, d. h. die Schrumpfung ist vom Faserkaliber abhängig.

2.) Formalin- und Glutaraldehyd-Flemming-fixierte Nerven nach Paraplastbehandlung

Die Glutaraldehyd-Flemming-Präparate schrumpften nach der Paraplasteinbettung um 6 - 8 % im Vergleich zum völlig unbehandelten Nativpräparat, die formalinfixierten Nerven (Paraplasteinbettung) dagegen um 15 - 20 %. Die Zahl der vorhandenen kleinen Fasern war bei der Glutaraldehyd-Flemming-Methode im

Vergleich zum Formalinverfahren erstaunlich hoch. Die Formalschrumpfung scheint also zu einem großen Teil auf Kosten der dünnen Faserkaliber zu gehen. Auch hier fiel die ausgezeichnete Strukturerhaltung der Markscheiden nach Anwendung von Glutaraldehyd im Gegensatz zu Formalin auf.

II. Elektronenmikroskopische Methodik

Nach Fixierung mit 5 %igem Glutaraldehyd nach SABATINI, BENSCH und BARNETT (1963) (pH 7,4; 1 Std) wurden die Nervenstücke in 1 - 2 %iger Osmiumtetroxydlösung, die Sucrose enthielt, nachfixiert und über die aufsteigende Alkoholreihe in Araldit (GLAUERT u. GLAUERT, 1958) eingebettet. Ultradünne Schnitte (Ultramikrotom: Porter-Blum MT 1) wurden mit Bleizitrat kontrastiert und im Siemens-Elmiskop I bei einer Strahlspannung von 60 kV untersucht.

C. BEFUNDE

I) Lichtmikroskopische Ergebnisse

1) Unterschiede in Zahl und Größe der Faszikel im Querschnittsbild

Beim Studium der Querschnittsbilder fiel auf, daß der innere Bau der in Faszikel gegliederten Nn. ischiadici selbst bei einer Tierart unterschiedlich war. Nach MICHAILOW (1968) kann man einen bündelreichen und einen bündelarmen Typ unterscheiden. Die in dieser Arbeit untersuchten Nn. ischiadici der Ratte waren aus ein bis zwei großen Faserbündeln zusammengesetzt, die im Innern durch zahlreiche größere Gefäße versorgt wurden. Sie sind also dem bündelarmen Typ zuzuordnen, wie auch die meisten Mäusenerven (Abb. 3 a und b).

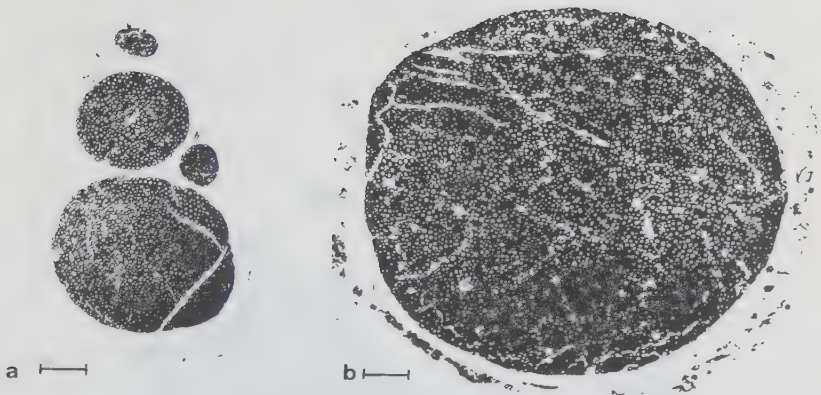


Abb. 3 a und b:

Übersichtsaufnahmen von Nn. ischiadici.
Glutaraldehyd-Flemming, Sudanschwarz, Licht-
mikroskopische Aufnahmen, Vergr. 88fach.

a) Maus (Gesamtfaserzahl 3700)

b) Ratte (Gesamtfaserzahl 8537)

Maßstab: 100 μ

Der Ischiadicus der Katze bestand aus zwei dicken und zwei dünneren, der des Hundes aus drei starken und drei schwächeren Faszikeln. Die aus sechs bis dreizehn Faserbündeln aufgebauten Meerschweinchennerven sind zum bündelreichen Typ zu rechnen (Abb. 4, S. 11); ein N. peroneus profundus der Katze enthielt sogar sechzehn Faszikel.

Beide untersuchten Nn. phrenici des Hundes waren einbündelig, was auch schon TOMASCH und SCHWARZACHER (1952) für den N. phrenicus des Menschen mitgeteilt haben. Im Vergleich zu dem kräftigen Ischiadicus des Hundes war der Nervenstamm des Phrenicus erstaunlich schwach; sein Umfang betrug höchstens

den zehnten Teil des Ischiadicus.

Linke und rechte Nn. ischiadici ein und desselben Tieres entsprachen sich meist fast genau in Zahl, Größe und Anordnung der Bündel (Abb. 4 a und b). Nur bei zwei Tieren war eine deutliche Diskrepanz zur Gegenseite zu beobachten.

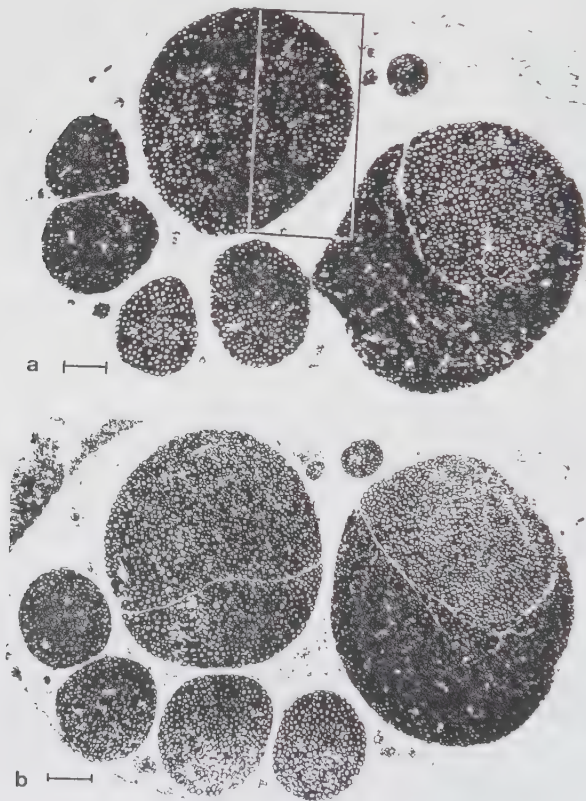


Abb. 4 a und b:

Übersichtsaufnahmen der beidseitigen Nn. ischiadici eines Meerschweinchens. Glutaraldehyd-Flemming, Sudanschwarz. Lichtmikroskopische Aufnahmen. Vergr. 88fach. Maßstab 100 μ

a) rechtes Bein (Gesamtfaserzahl 11 038)

b) linkes Bein (Gesamtfaserzahl 10 936)

2) Gesamtzahl der lichtmikroskopisch sichtbaren Fasern

Die Summe aller lichtmikroskopisch sichtbaren Fasern war bei den verschiedenen Tierarten sehr unterschiedlich, ja sie differierte schon sehr stark bei den Vertretern einer Art. Zum Beispiel wurden in dem kleinsten Mäusenerven 3700 Fasern gezählt, während der entsprechende Nerv einer anderen Maus in gleicher Höhe 5274 Fasern enthielt; dies entspricht einem Unterschied von über 40 %. Im stärksten Ratten-Ischiadicus wurden 11 833, im schwächsten 8500, also etwa 25 % weniger Fasern ermittelt. Einheitlicher waren die Faserzahlen in den Nn. ischiadici der Meerschweinchen. Hier standen 12 393 Fasern 10 936 gegenüber, was einen Unterschied von nur etwa 11 % ergibt.

Rechte und linke Nn. ischiadici desselben Tieres ähnelten sich weitgehend in der Fasersumme; auffallende Assymmetrien ließen sich nicht feststellen. Für die Mäusenerven wurde eine Abweichung von wenigstens 16 und höchstens 400 Fasern errechnet, was einer Differenz von höchstens 8 % entspricht. Für einen rechten und linken Ratten-Ischiadicus ergab sich ein Unterschied von etwa 2 - 7 %, für die entsprechenden Meerschweinchennerven nur eine Differenz von 1 - 2 %.

3) Faserkaliber (s. Anhang, Tab. 1)

Bei den Mäusen hatten die größten Fasern einen Durchmesser von 10 - 12 μ . In einem Nerven von mittlerer Gesamtfaserzahl fanden sich sogar einige wenige 14 μ starke Faserkaliber. Die kleinsten lichtmikroskopisch sichtbaren Fasern hatten einen Durchmesser von etwa 1 μ .

Die Kaliber der dicksten Nervenfasern bei den Ratten variierten zwischen 12 und 14 μ (bis 15 μ), die der feinsten zwischen 1 und 2 μ .

Die Faserdiameter der Meerschweinchen maßen zwischen 14 - 17 μ bzw. 1 - 2 μ .

In dem kräftigen Ischiadicus der Katze fanden sich Faser-

kaliber von 2 - 22 μ , der wesentlich dünnere N. peroneus profundus enthielt 1 - 16 μ starke Fasern.

Leider waren die Nn. ischiadici der Katze und vor allem des Hundes infolge ihrer Größe nicht optimal durchfixiert, so daß besonders die kleinsten Fasern im Zentrum nur noch zum Teil erhalten waren. Die absolute Gesamtzahl der lichtmikroskopisch sichtbaren Fasern dürfte daher noch höher sein.

In dieser Studie wurden die größten Faserdurchmesser im N. ischiadicus des Hundes mit Werten von 2 - 24 μ gemessen. Dagegen fanden sich in den Nn. phrenici, deren Faserbild von den groben Faserelementen beherrscht wurde, nur 2 - 14 μ dicke Fasern.

Mit zunehmender Körpergröße stieg bei den verschiedenen Tierarten die Gesamtzahl der Fasern in den entsprechenden Nn. ischiadici; mit der Gesamtzahl nahm auch das Faserkaliber zu. So hatten die kleinsten der untersuchten Tiere, die Mäuse, Nn. ischiadici mit der geringsten Fasergesamtsumme und relativ dünnere Fasern als die größeren Ratten. Die Nn. ischiadici der Ratten hatten wiederum eine kleinere Fasergesamtzahl und etwas geringere Faserdurchmesser als die der Meerschweinchen. Die stärksten Nerven und die größten Fasern kamen bei Katze und Hund vor.

<u>Gesamtübersicht:</u>	Fasergesamtzahl	Dickste Fasern
Mäuse (Mittel aus 9 Nerven)	4283	12 μ
Ratten (Mittel aus 10 Nerven)	9344	13,5
Meerschweinchen (Mittel aus 6 Nerven)	11 604	15,7
Katze (1 Nerv)	22 285	22
Hund (1 Nerv)	23 491	24

4) Prozentuale Verteilung der Faserkaliber in den Nerven

Beim Studium der Literatur war zu bemerken, daß sich die meisten Autoren mit der Ausmessung einer bestimmten Faserzahl begnügten. So meinten z. B. ECCLES und SHERRINGTON (1930), 100-300 und BJÖRKMANN und WOHLFART (1936), 500 Fasern dürften die erforderliche statistische Sicherheit mit Rücksicht auf die gleichmäßige Verteilung der Nervenfasern erreichen. Die Gefahr einer subjektiven Auswahl ist dabei jedoch sehr groß.

Bei den hier bearbeiteten Nerven konnte nur im Querschnitt der Ratten-Ischiadici eine relativ gleichmäßige Faserpopulation beobachtet werden. Aber auch in diesem Fall war ein korrekter Rückschluß von einem einzigen, scheinbar repräsentativen Ausschnitt nicht möglich. Bei der Kontrolle zeigte sich, daß die Anzahl der feinen Nervenfasern unterschätzt worden war.

Die Nerven von Maus, Meerschweinchen, Katze und Hund waren in Bündel gegliedert, die eine unterschiedliche prozentuale Verteilung von dünnen und dicken markhaltigen Fasern aufwiesen, so daß ein Rückschluß auf die Gesamtzahl der Fasern hier völlig unmöglich war. Die Fasern wurden deshalb in Gruppen mit einer Durchmesser-Differenz von je 2 μ unterteilt, ausgezählt und vermessen (s. Beispiel am N. ischiadicus des Meerschweinchens in Abb. 5, S. 16). Besonderer Wert wurde dabei auf die grobfaserige Gruppe gelegt, da die Nervenleitungsgeschwindigkeit dieser dicksten Fasern für einen Vergleich der Leitungsgeschwindigkeit bei Tierarten verschiedener Größe gemessen werden sollte (s. Fußnote 1, S. 2).

Zu erwähnen ist noch, daß die einzelnen Komponenten des Flemmingschen Gemisches nach ROMEIS (1968) verschieden schnell wandern, so daß daraus eventuell eine unterschiedliche Schrumpfung in den verschiedenen Nervenanteilen resultieren könnte. Diese dürfte aber wegen der geringen Stückgröße und Dicke der Nerven von Maus, Ratte und Meerschweinchen kaum zur Geltung kommen und wurde in unserem Material auch nicht

beobachtet. Dagegen waren die sehr kräftigen Ischiadici von Katze und Hund infolge der langsamen Eindringgeschwindigkeit von Glutaraldehyd nicht optimal durchfixiert, so daß besonders in den zentralen Bereichen der mächtigen Nervenfaszikel Artefakte sichtbar waren.

Es fiel auf, daß sich die prozentuale Verteilung der Faserdurchmesser in den gleichnamigen Nerven einer Tierart annähernd entsprach. Die Gruppe der fein- und mittelfaserigen Kaliber machte den jeweils größten Prozentsatz aus, die Anzahl der dicken Fasern nahm mit der Gesamtfaserzahl zu und erreichte beim Hund ein Maximum von fast 36 %.

Bei den einbündeligen Nn. phrenici zweier Hunde mit Gewichten von 14 und 16 kg überwogen allerdings bei weitem die dicken Fasern mit 48 % (über 10 μ) und 39 % (8 - 10 μ). Der prozentuale Anteil der feinen und mittleren Fasergruppe wurde mit 10 - 13 % aus dem lichtmikroskopischen Bild errechnet.

In der Literatur wird zwischen bimodalen und unimodalen Nerven unterschieden. Der N. ischiadicus als ganzes scheint nach den in dieser Arbeit gewonnenen Ergebnissen nicht zum bimodalen Nerventyp, bei dem zwei Maxima der Faserdurchmesser durch ein Minimum getrennt sind, zu gehören (SHERRINGTON 1894, ECCLES und SHERRINGTON 1930, BJÖRKMANN und WOHLFART 1936, FERNAND und YOUNG 1951, TOMASCH und SCHWARZACHER 1952).

Zum bimodalen Verteilungstyp können jedoch einzelne Bündel des Ischiadicus gerechnet werden, z. B. ein Bündel des Ischiadicus einer Maus mit 200 Fasern und zwei motorische Nervenäste aus dem Meerschweinchen-Ischiadicus mit 483 bzw. 297 Fasern (s. Abb. 5, S. 16).

Mit Sicherheit weisen die Nn. phrenici der beiden Hunde den bimodalen Verteilungstyp auf. Es finden sich zwei Maxima bei 2 μ und bei 10 - 12 μ mit Vorherrschen der grobfaserigen Gruppe. TATESI (1940, zitiert nach FERNAND und YOUNG) fand eine bimodale Verteilung auch im N. phrenicus der Katze, WASANO

et al. 1962 bimodale Phrenici bei Katze und Mensch. Hingegen muß der Kaninchen-Phrenicus mit nur einem Maximum nach REXED (1944) sowie FERNAND und YOUNG (1951) zum unimodalen Verteilungstyp gezählt werden.

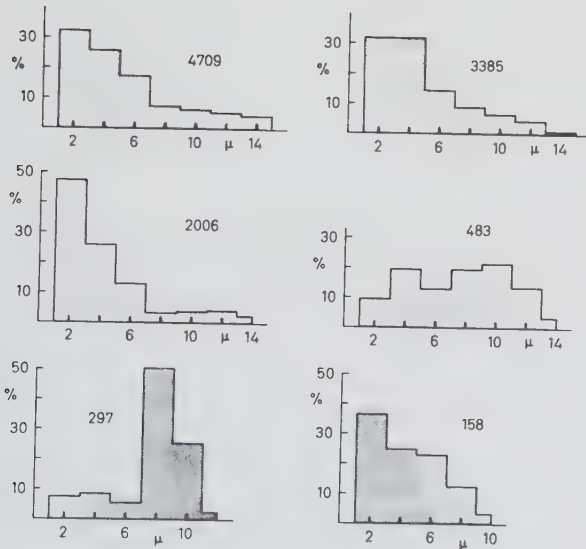


Abb. 5: Histogramme der Faserdurchmesser für den in Abb. 4 a, S. 11 dargestellten 6-bündeligen N. ischiadicus des Meerschweinchens. Lichtmikroskopie. In jedem Histogramm die Zahl der Fasern pro Bündel. Gesamtzahl der Nervenfasern: 11 038.

5) Beziehungen zwischen Achsenzylinderdurchmesser,
Fasergesamtdurchmesser und Markscheidendicke
beim N. ischiadicus

Da anzunehmen ist, daß die Leitungsgeschwindigkeit auch von der Dicke der Markscheide abhängig ist (GASSER und GRUNDFEST 1939, SANDERS und WHITTERIDGE 1946) und dieser somit eine wichtige Funktion zukommt, wurde das Verhältnis von Achsenzylinderdurchmesser und Markscheidendicke bestimmt.

Untersucht wurden ein nativer Nervenschnitt der Ratte und je ein N. ischiadicus von Maus, Ratte, Meerschweinchen, Katze und Hund, die mit Glutaraldehyd-Flemming fixiert und mit einer Markscheidenfärbung (Sudanschwarz B nach CHIFFELLE und PUTT) gefärbt waren. Die Ergebnisse wurden an Querschnitten gewonnen, die eine Endvergrößerung von 1760fach aufwiesen. Von jedem N. ischiadicus wurden 200-300 Fasern in einem Areal gemessen, in dem Faserkaliber aller Größenklassen möglichst gleichmäßig verteilt erschienen. Alle Nerven wurden gleich behandelt, so daß Vergleichbare untereinander gut möglich waren.

Unsere Befunde bestätigten die Erfahrungen von GASSER und GRUNDFEST (1939), TAYLOR (1942), SCHUCHARDT (1948), SANDERS (1948) und SCHWARZACHER (1954), daß mit wachsendem Faserkaliber auch die Dicke der die Axone umgebenden Markscheiden zunimmt. Zusätzlich jedoch zeigen sie, daß offensichtlich hier erhebliche Species-Unterschiede bestehen.

In der Abb. 6, S. 18 ist zunächst die Abhängigkeit des Axondurchmessers vom Gesamtdurchmesser für alle untersuchten Nervenfaser der verschiedenen Tierarten zusammenfassend dargestellt. Es ist deutlich, daß mit steigendem Gesamtdurchmesser der Axondurchmesser ebenfalls zunimmt. Schlüsselt man in jeder Gesamtdurchmesser-Klasse die Werte nach den einzelnen Tierarten auf, so ergibt sich für die Mäuse, Ratten und Meerschweinchen der in Abb. 7 a, S. 19 wiedergegebene Befund. Es zeigt sich, daß bei vergleichbarem Gesamtdurchmesser die Ratten praktisch über den gesamten Durchmesserbereich stets die dünnsten Axone besaßen, d.h. daß bei dieser Tierart bei gleichem Gesamtdurchmesser die Myelinscheide sehr viel stärker ausgebildet war. Diese Unterschiede

waren, wie die Abb. 7 a und die Tabelle 2 b zeigen, sowohl zwischen den Mäusen und Ratten als auch zwischen den Ratten und Meerschweinchen in den meisten Fällen hochsignifikant. Zwischen den Meerschweinchen und Mäusen dagegen waren die Unterschiede nicht in allen Fällen signifikant.

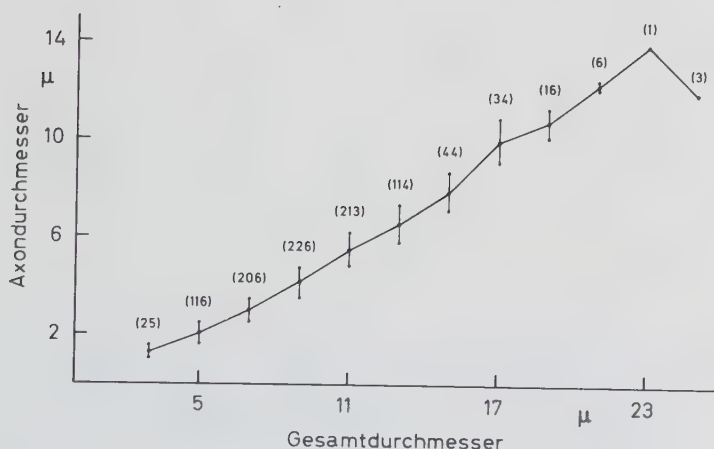


Abb. 6: Abhängigkeit des Axondurchmessers vom Gesamtdurchmesser der Nervenfasern im N. ischiadicus verschiedener Tierarten. Lichtmikroskopie. Mittelwerte mit 1s-Bereich. Klassenbreite 2 μ. In Klammern Anzahl der ausgemessenen Fasern pro Klasse. Anzahl der ausgemessenen Fasern pro Tierart: Maus 149; Ratte 194; Ratte (nativ) 135; Meerschweinchen 225; Katze 149; Hund 152.

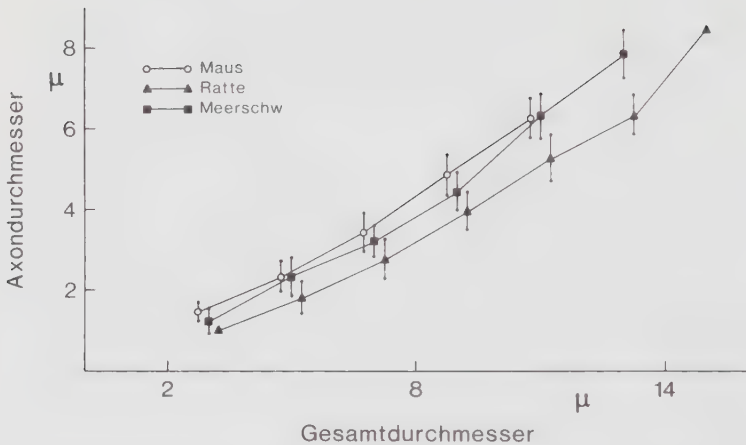


Abb. 7 a: Abhängigkeit des Axondurchmessers vom Gesamtdurchmesser der Nervenfasern im N. ischiadicus von Maus, Ratte und Meerschweinchen. Lichtmikroskopie. Mittelwerte mit 1s-Bereich. Klassenbreite 2 μ
(Für eine übersichtliche Darstellung wurden die Symbole für die einzelnen Tierarten etwas versetzt gezeichnet).

Da die Ratten mit einem mittleren Körpergewicht von 227 g zwischen den Mäusen (33 g) und den Meerschweinchen (750 g) stehen, kann die relative Abnahme des Axondurchmessers nicht in einfacher Weise durch die Zunahme der Körpergröße bedingt sein. Dies wird noch offensichtlicher aus der Abb. 7 b, S. 20, in der die Werte der Axondurchmesser für die Katze und den Hund noch einmal zusammen mit denen der Ratte aufgetragen sind.

Die Werte der Katze, die im Mittel das 10,6fache des Körpergewichtes der Ratte besitzt, liegen in den meisten der Gesamtdurchmesser-Klassen sogar noch über denen der Ratte. Lediglich die Axondurchmesser der Hunde liegen in allen Fällen niedriger, aber auch hier sind die Unterschiede zur Ratte in manchen Fällen nur schwach oder gar nicht signifikant.

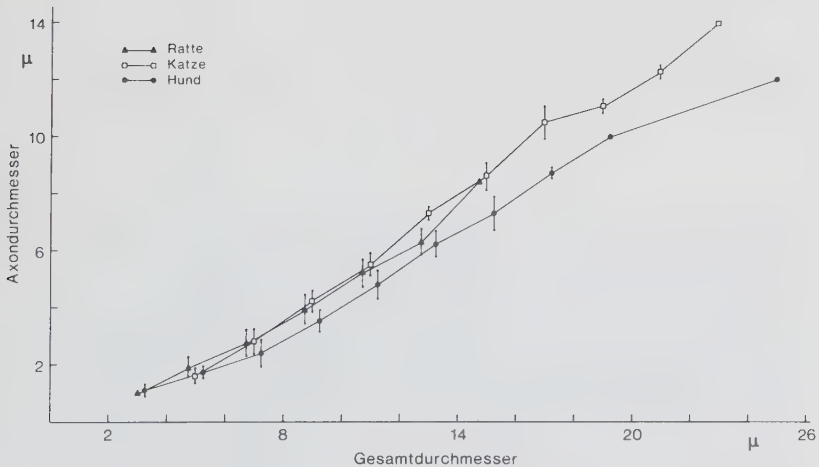


Abb. 7 b: Abhängigkeit des Axondurchmessers vom Gesamtdurchmesser der Nervenfasern im N. ischiadicus von Ratte, Katze und Hund. Lichtmikroskopie. Mittelwerte mit 1s-Bereich. Klassenbreite 2 μ.

(Für eine übersichtliche Darstellung wurden die Symbole für die einzelnen Tierarten etwas versetzt gezeichnet).

In der Literatur wird häufig das Verhältnis von Axondurchmesser zu Gesamtdurchmesser mit "g" bezeichnet (SCHMITT und BEAR, 1937; GASSER und GRUNDFEST, 1939; TAYLOR, 1940, 1942; SCHUCHARDT, 1948; SCHWARZACHER, 1954; BUCHTHAL und ROSENFALCK, 1966). Nach den Untersuchungen von RUSHTON (1951) und HUXLEY u. STÄMPFLI (1949) ist aufgrund der Kernleiter-Theorie dieses Verhältnis von Axondurchmesser zu Gesamtdurchmesser bestimmend für die Nervenleitungsgeschwindigkeit. Entsprechend dieser theoretischen Überlegungen ist ein optimales Verhältnis zwischen elektrischem Längswiderstand des Axons und der Impedanz der Markscheide dann zu erwarten, wenn g etwa 0,6 beträgt.

Aus dem etwas gekrümmten Verlauf der Kurve von der Abhängigkeit der Axondicke vom Gesamtdurchmesser konnte man bereits schließen, daß das Verhältnis g nicht über den Gesamtbereich aller Faserdurchmesser konstant sein kann. Die Abb. 8, S. 22 zeigt, daß g von einem sehr niedrigen Wert von 0,4 bei den kleinsten Gesamtdurchmessern stetig ansteigt bis etwa 0,6 bei den dicksten Fasern. Das bedeutet, daß bei den kleinsten Fasern die Myelinscheide relativ zum Gesamtdurchmesser stärker ist als bei den dickeren Fasern, bei denen der Axondurchmesser relativ stärker zunimmt. Lediglich bei den dickeren Fasern würden demnach die gemessenen g-Werte mit den theoretischen Werten übereinstimmen. Bei der Aufschlüsselung nach den verschiedenen Tierarten (Abb. 9, S. 23) finden sich auch hier die Unterschiede zwischen den Spezies wieder. Entsprechend der dünneren Axone der Ratten liegen deren g-Werte relativ niedrig. Bei allen Tierarten findet sich jedoch mit zunehmendem Gesamtdurchmesser eine Zunahme des Wertes g.

Ähnlich wie bei der Darstellung der Axondurchmesser zeigt sich auch bei der der g-Werte, daß die der Mäuse und der Meer-schweinchen eine Gruppe zu bilden scheinen, während die Werte der Ratten mehr mit denen der Katze und des Hundes überein-

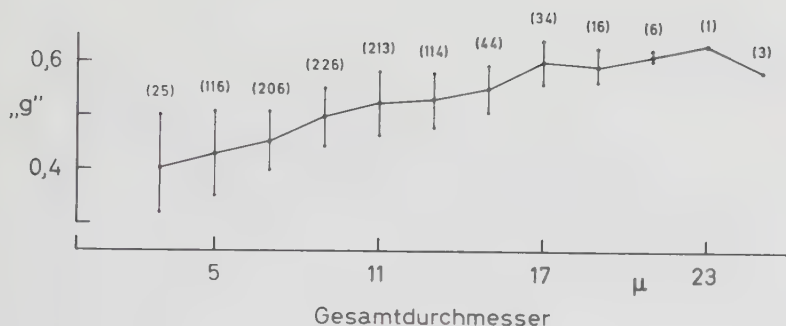


Abb. 8: Abhängigkeit des Quotienten "g" (=Axondurchmesser/ Gesamtdurchmesser) vom Gesamtdurchmesser der Nervenfasern im N. ischiadicus verschiedener Tierarten. Lichtmikroskopie. Mittelwerte mit 1s-Bereich. Klassenbreite 2 μ. In Klammern Anzahl der ausgemessenen Fasern pro Klasse. Anzahl der ausgemessenen Fasern pro Tierart: Maus 149; Ratte (nativ) 135; Meerschweinchen 225; Katze 149; Hund 152.

stimmen. Das drückt sich auch in den statistischen Werten der Tabellen 3 a und b aus.

Bei der Ausmessung der Axon- und Gesamtdurchmesser in elektronenmikroskopischen Präparaten ergab sich jedoch für die g-Werte ein völlig anderer Verlauf, wie die Abb. 10, 11 und 12 zeigen. In der Abb. 10, S. 24 sind zunächst die Einzelwerte für alle untersuchten Tierarten aufgetragen, in der Abb. 11, S. 25 sind die Mittel- und 1s-Werte für jede Gesamtdurchmesser-Klasse errechnet. Aus den beiden Abbildungen ergibt sich deutlich, daß im elektronen-

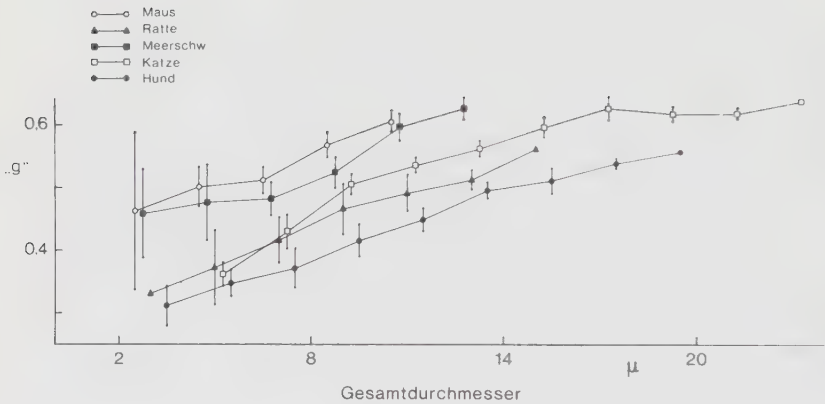


Abb. 9: Abhängigkeit des Quotienten "g" (=Axondurchmesser/ Gesamtdurchmesser) vom Gesamtdurchmesser der Nervenfasern im N. ischiadicus, aufgeschlüsselt für die verschiedenen Tierarten. Lichtmikroskopie. Gleiches Material wie für Abb. 8. Mittelwerte mit 1s-Bereich, Klassenbreite 2 μ.

(Für eine übersichtliche Darstellung wurden die Symbole für die einzelnen Tierarten etwas versetzt gezeichnet).

mikroskopischen Bild die g-Werte praktisch unabhängig vom Gesamtdurchmesser sind und in allen Breiten in etwa dem von RUSHTON (1951) aus theoretischen Gründen geforderten Wert entsprachen. Wenn man in der Abb. 11 einmal von dem letzten Wert bei 14 μ absieht, der nur durch eine Messung repräsentiert ist, so ist bei einem Gesamtdurchmesser von 4 μ ein deutlicher

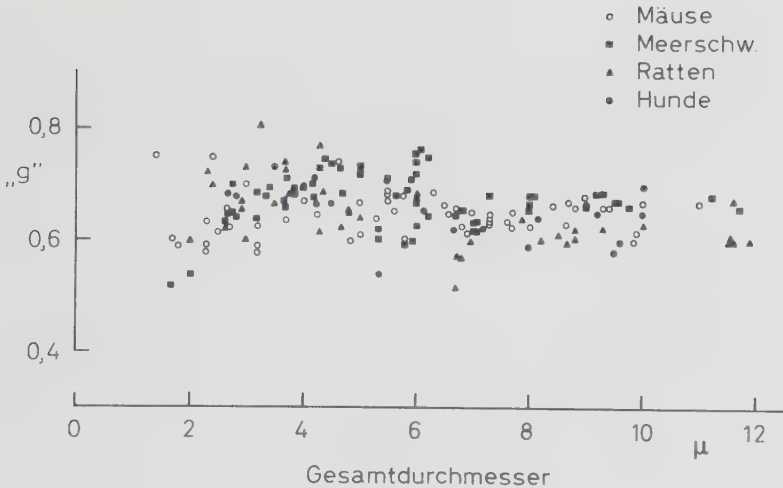


Abb. 10: Abhängigkeit des Quotienten "g" (=Axondurchmesser/
Gesamtdurchmesser) vom Gesamtdurchmesser der
Nervenfasern im N. ischiadicus verschiedener
Tierarten bzw. N. phrenicus des Hundes.
Elektronenmikroskopie. Insgesamt 171 Einzel-
messungen.

Gipfel der g-Werte zu erkennen. Anschließend fällt die Kurve zu einem Plateau ab, das bei etwa 0,61 - 0,63 liegt. Die Varianzanalyse der einzelnen Klassen und die folgende Testung der Mittelwerte mit dem t-Test ergab, daß signifikante Unterschiede z.B. bestehen zwischen den Werten bei 4 μ und denen ab 7 μ. Die in Abb. 12, S. 26 wiedergegebenen Mittelwertskurven zeigen, daß bei der elektronenmikroskopischen Untersuchung die Mittel-

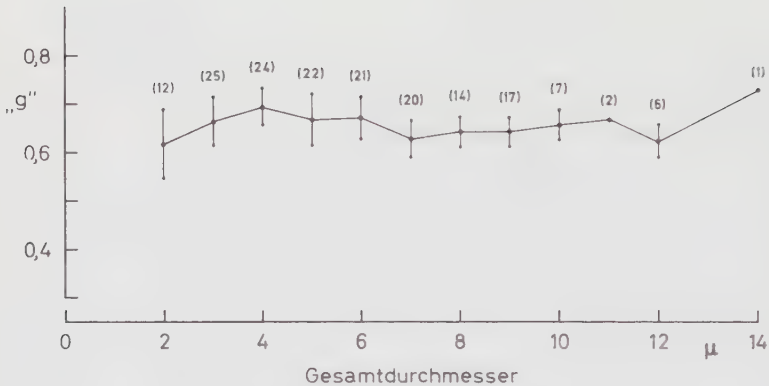


Abb. 11: Abhängigkeit des Quotienten "g'" (=Axondurchmesser/Gesamtdurchmesser) vom Gesamtdurchmesser der Nervenfasern im N. ischiadicus verschiedener Tierarten bzw. N. phrenicus des Hundes. Elektronenmikroskopie, Mittelwerte mit 1s-Bereich. Klassenbreite 1 μ. In Klammern Anzahl der ausgemessenen Fasern pro Klasse. Anzahl der ausgemessenen Fasern pro Tierart: Maus 49; Ratte 38; Meerschweinchen 62; Hund 22 (N. phrenicus).

werte für die einzelnen Tierarten sehr viel enger beieinander liegen als beim lichtmikroskopischen Material. Das drückt sich auch in den in Tab. 6 b wiedergegebenen Werten der statistischen Prüfung aus. Entsprechend der lichtmikroskopischen Befunde fand sich aber auch bei der elektronenmikroskopischen Untersuchung, wie aus der Abb. 12 und den Tabellen 6 a und b hervorgeht, daß

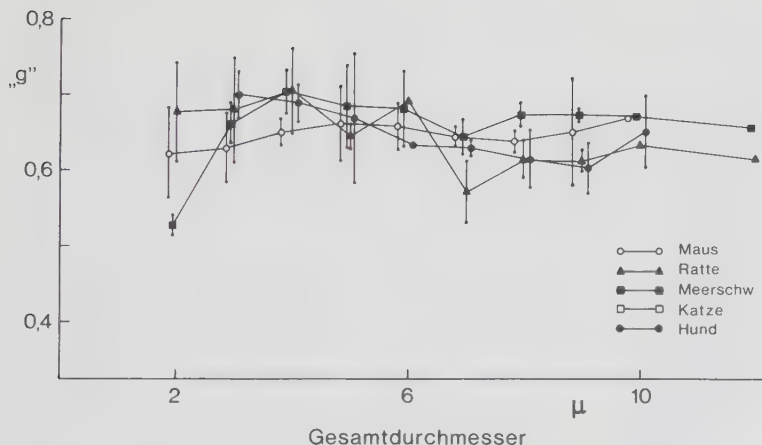


Abb. 12: Abhängigkeit des Quotienten "g" (=Axondurchmesser/ Gesamtdurchmesser) vom Gesamtdurchmesser der Nervenfasern im N. ischiadicus bzw. N. phrenicus, aufgeschlüsselt für die verschiedenen Tierarten. Elektronenmikroskopie. Gleiches Material wie für Abb. 11. Mittelwerte mit 1s-Bereich. Klassenbreite 1 μ.

(Für eine übersichtliche Darstellung wurden die Symbole für die einzelnen Tierarten etwas versetzt gezeichnet).

oberhalb eines Gesamtdurchmessers von 6 μ die g-Werte für die Ratten kleiner, d.h. ihre Axone dünner sind als die der Mäuse und Meerschweinchen (Dabei ist zu berücksichtigen, daß für den Hund die elektronenmikroskopischen Bilder vom N. phrenicus stammen).

6) Internodallänge

Seit der Aufdeckung des saltatorischen Erregungsleitungsprinzips hat die Größe des Abstandes zwischen je zwei Ranvierschen Schnürringen der markhaltigen Fasern, die Internodallänge, zunehmend an Interesse gewonnen.

REXED (1944) stellte fest, daß Faserdurchmesser in 20 %igem Formalin um etwa 10 % schrumpfen. Nach den vorliegenden Ergebnissen scheinen die Nerven in verdünntem Formalin (1:9) nach Glutaraldehydfixierung eher etwas zu quellen. Eine geringe Schrumpfung nach längerer Einwirkungsdauer ist aber möglich.

Die Ergebnisse wurden an den Glutaraldehyd-Formalinfixierten Nn. ischiadici von je drei erwachsenen Mäusen, Ratten, Meerschweinchen, einer Katze und eines Hundes gewonnen. Als Beispiel sind in der Abb. 13, S. 28 zwei isolierte Nervenfasern des N. ischiadicus vom Meerschweinchen dargestellt. Bei genauem Hinsehen kann man erkennen, daß die Faser mit dem größeren Gesamtdurchmesser auch die größere Internodallänge besitzt. Die Ergebnisse der Messungen sind in der Tabelle 4 und in Abb. 14 zusammengefaßt. Die Abb. 14, S. 29 zeigt, daß zwar innerhalb einiger der Durchmesser-Klassen eine relativ große Streuung vorhanden ist, die schon LEHMANN (1950) bemerkt hat, insgesamt aber eine ausgesprochene Abhängigkeit der Internodallänge vom Gesamtdurchmesser besteht (siehe auch HISCOE, 1947, für den N. tibialis der Ratte). Dieser hohe Korrelationsgrad geht auch aus der Tabelle 8 hervor, in der die Korrelationskoeffizienten für die in Abb. 15, S. 30 wiedergegebenen Regressionsgeraden der Korrelation Internodallänge - Gesamtdurchmesser einzelner Tierarten zusammengefaßt sind. Alle Korrelationskoeffizienten sind größer als 0,9. Die Abb. 15 zeigt außerdem, daß ähnlich wie bei dem Axondurchmesser auch bei der Internodallänge zwischen einigen Tierarten erhebliche Unterschiede zu bestehen scheinen, bei anderen dagegen nicht. Die Unterschiede liegen jedoch nicht so sehr in einer unterschiedlichen Steilheit der Regressionsgeraden. Die Testung der

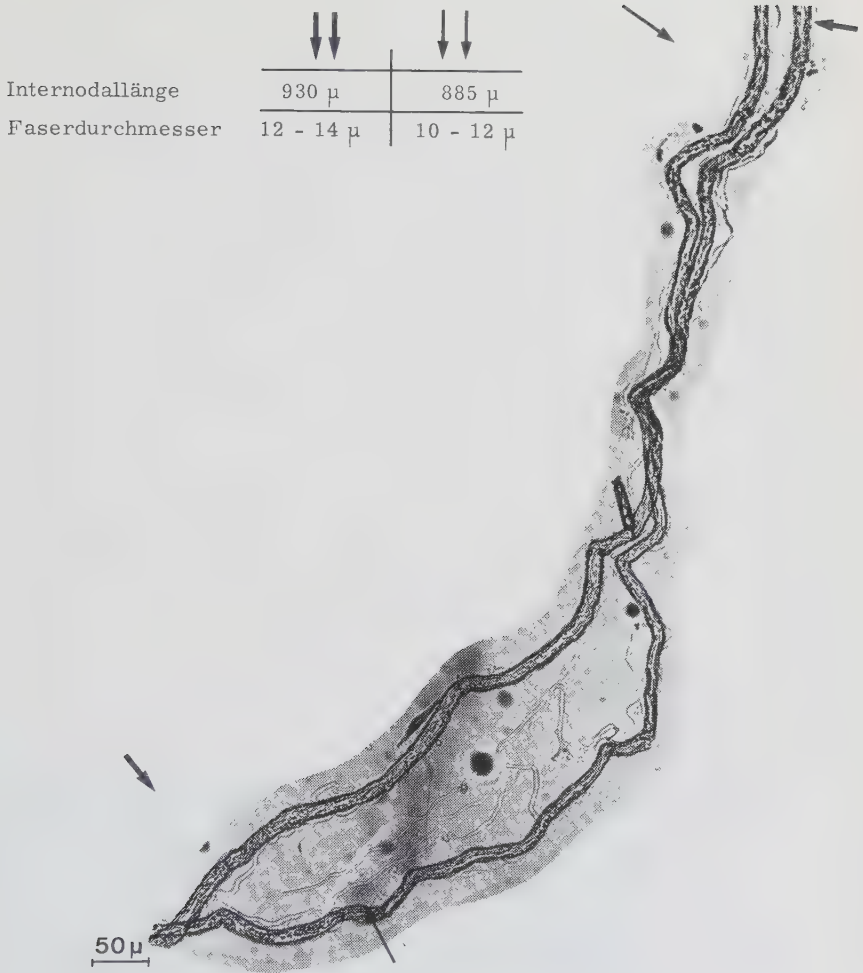


Abb. 13: Zwei isolierte Nervenfasern eines N. ischiadicus vom Meerschweinchen. Fixierung: Glutaraldehyd-Formalin. Zupfpräparat. Phasenkontrastaufnahme. Vergr. 218fach. Ranviersche Schnürringe mit Pfeilen gekennzeichnet.

(Originalvergrößerung 560fach)

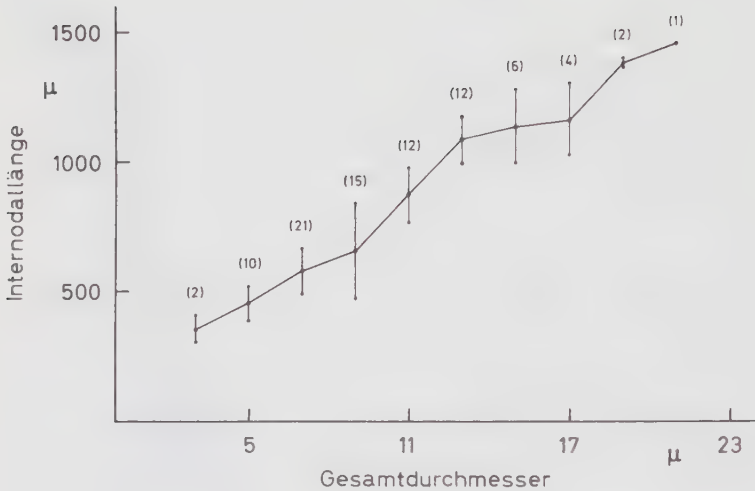


Abb. 14: Abhängigkeit der Internodallänge vom Gesamtdurchmesser der Nervenfasern im N. ischiadicus verschiedener Tierarten. Lichtmikroskopie. Zupfpräparate. Mittelwerte mit 1s-Bereich. Klassenbreite 2 μ . In Klammern Anzahl der ausgemessenen Fasern pro Klasse. Anzahl der ausgemessenen Fasern pro Tierart: Maus 25; Ratte 25; Meerschweinchen 18; Katze 10; Hund 7.

Regressionskoeffizienten der einzelnen Regressionsgeraden untereinander ergab nämlich in keinem der Fälle irgendwelche signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Tierarten, d.h. die Internodallänge nimmt bei den untersuchten Tierarten im gleichen Ver-

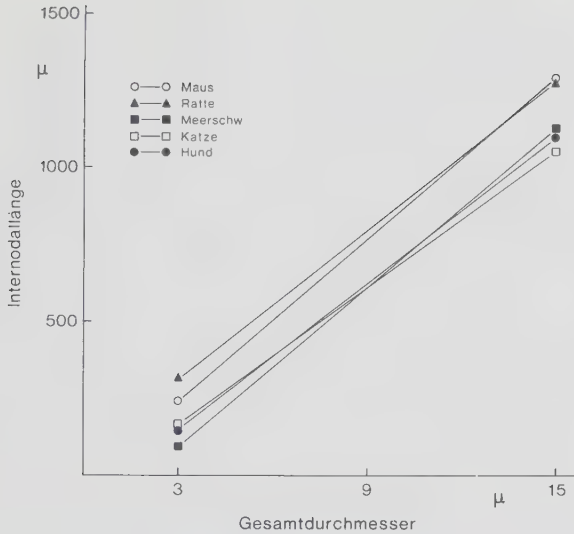


Abb. 15: Verlauf der Regressionsgeraden Internodallänge gegen Gesamtdurchmesser, aufgeschlüsselt für die verschiedenen Tierarten. Lichtmikroskopie. Gleiches Material wie für Abb. 14.

hältnis mit der Faserdicke zu, wie aus dem parallelen Verlauf der Regressionsgeraden deutlich wird. Bei gleichem Gesamtdurchmesser sind die Internodallängen für Ratten und Mäuse einerseits und für Hunde, Katzen und Meerschweinchen andererseits praktisch gleich. Zwischen diesen beiden Gruppen bestehen jedoch erhebliche Unterschiede. Die statistische Prüfung der Unterschiede hinsichtlich des Abstandes in y-Richtung ergab beispielsweise signifikante

Unterschiede zwischen den Mäusen und Meerschweinchen bzw. den Ratten und Meerschweinchen. Die Tabelle 7 zeigt, daß die Irrtumswahrscheinlichkeit für diese Unterschiede sehr klein ist. Zwischen den Mäusen und Hunden dagegen waren die Unterschiede nicht signifikant, bedingt vielleicht durch die geringe Zahl von ausgemessenen Fasern des Hundes. Auffällig ist jedenfalls, daß auch bei der Internodallänge die Ratte eine Art Sonderstellung einzunehmen scheint, wie schon bei dem Verhältnis von Axondurchmesser zu Gesamtdurchmesser. Das wird noch unterstrichen durch die etwas kleinere Irrtumswahrscheinlichkeit zwischen Ratte und Hund als zwischen Maus und Hund. Ob sich diese Unterschiede zwischen den einzelnen Tierarten bei einem größeren Material bestätigen lassen, müssen weitere Untersuchungen zeigen, da die Besetzungszahlen für die einzelnen Klassen in der vorliegenden Untersuchung sehr klein sind (s. Tab. 4). Ähnlich wie das Verhältnis von Axondurchmesser zu Gesamtdurchmesser soll nach den Untersuchungen von RUSHTON (1951) und HUXLEY u. STÄMPFLI (1949) auch das Verhältnis von Internodallänge zu Gesamtdurchmesser (L/D) konstant sein. Die Abb. 16, S. 32 mit den Mittelwerten zeigt, daß dieses oberhalb eines Gesamtdurchmessers von 5 μ auch etwa der Fall ist. In der Abb. 17, S. 33 sind die Regressionsgeraden für die einzelnen Tierarten dargestellt. Die Korrelationskoeffizienten dieser Regressionsgeraden, die in der Tab. 8 zusammengefaßt sind, sind ebenfalls alle nicht signifikant. Auch der unterschiedliche Verlauf ist nicht signifikant, möglicherweise aber bedingt durch die geringe Zahl der ausgemessenen Fasern.

In jedem Nerven fielen auch Fasern mit sehr kurzen Internodien auf. Zum Beispiel wurden in einer 8 μ dicken Faser des Meerschweinchen-Ischiadicus mehrere aufeinanderfolgende Segmente von nur 280 μ Länge gefunden; eine 14 μ -Faser des Hundes wies nur 310 μ im internodalen Faserbereich auf (siehe auch

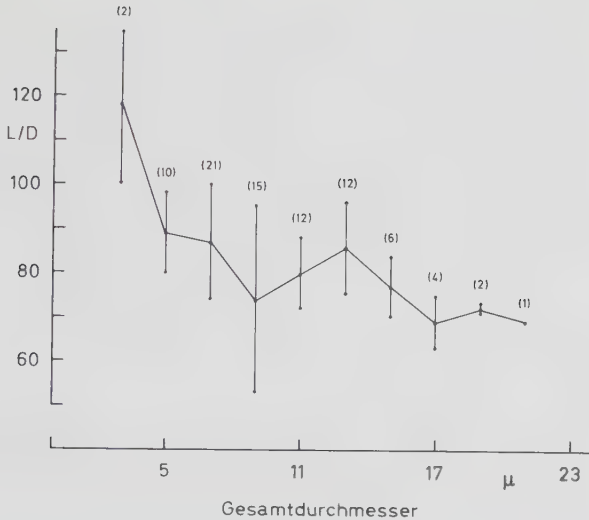


Abb. 16: Abhängigkeit des Quotienten L/D (=Internodallänge/Gesamtdurchmesser) vom Gesamtdurchmesser der Nervenfasern im N. ischiadicus verschiedener Tierarten. Lichtmikroskopie. Mittelwerte mit 1s-Bereich. Klassenbreite 1μ . In Klammern Anzahl der ausgemessenen Fasern pro Klasse. Anzahl der ausgemessenen Fasern pro Tierart: Maus 25; Ratte 25; Meerschweinchen 18; Katze 10; Hund 7.

HISCOE, 1947). Diese Fasern waren jedoch nur vereinzelt zu finden und machten nur einen geringen Prozentsatz der Gesamtfaserzahl aus.

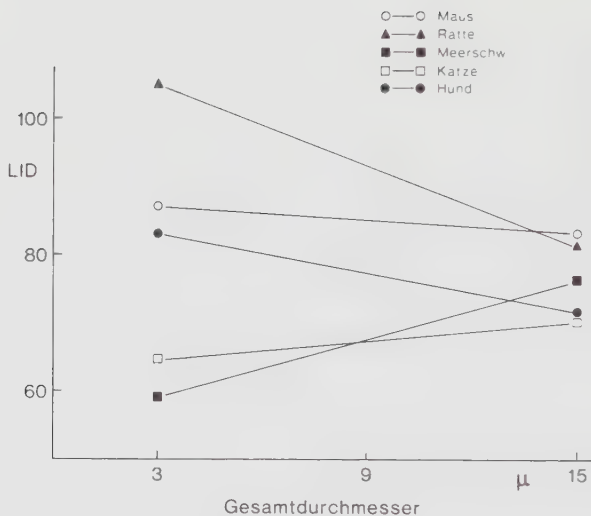


Abb. 17: Verlauf der Regressionsgeraden L/D (=Internodal-
länge/Gesamtdurchmesser) gegen Gesamtdurch-
messer, aufgeschlüsselt für die verschiedenen
Tierarten. Lichtmikroskopie. Gleiches Material
wie für Abb. 16.

II) Elektronenmikroskopische Ergebnisse (vgl. Abb. 18, S. 35)

In allen elektronenmikroskopisch untersuchten Nn.
ischiadici (Maus, Ratte, Meerschweinchen, Katze) und im N.
phrenicus des Hundes fanden sich markhaltige und marklose
Nervenfasern. Während die markhaltigen Fasern einzeln in je
einer Schwannschen Zelle lagen, waren stets mehrere mark-

lose Fasern in das Cytoplasma einer Schwannschen Zelle eingebettet (vgl. GASSER, 1952, 1955; HESS, 1956; OCHOA und MAIR, 1969). 2-28 marklose Axone können vom Cytoplasma einer Schwannschen Zelle umhüllt werden; am häufigsten lagen 7-14 Achsenzylinder in einer Schwannschen Zelle. Die marklosen Fasern variierten im Durchmesser von 0,1 - 1,6 μ . Die Verbände der regellos im Cytoplasma der Schwannschen Zelle eingebetteten marklosen Fasern füllten in großer Zahl die Räume zwischen den markhaltigen Fasern. In dem bearbeiteten Material wurden im Hinblick auf die marklosen Fasern keine Artunterschiede beobachtet.

D. DISKUSSION

1. Querschnittsbild

Es fällt auf, daß es kein konstantes Bild des inneren Aufbaus des N. ischiadicus gibt. Dieser Nerv kann bei der gleichen Tierart und in gleicher Höhe teils bündelreich, teils aber auch bündelarm sein, was die Lehre STOFFELS (1913), daß Muskel- und Hautäste in gesetzmäßiger Weise im Nerven angeordnet seien und

Abb. 18 a, b und c: (siehe S. 35!)

Markhaltige und marklose Nervenfasern im N. ischiadicus der Maus. Elektronenmikroskopische Aufnahmen.

- a) Kleinere markhaltige Faser (★) in einer Schwannschen Zelle mit deutlich sichtbarem Zellkern. In der Nachbarschaft Gefäßanschnitt (Gf) mit Erythrocyten. Vergr. 3000fach. Maßstab 2 μ .
- b) 18 marklose Nervenfasern, eingebettet im Cytoplasma einer Schwannschen Zelle (☆), die von einer Basalmembran (†) umgeben wird. In den Zwischenräumen Kollagenfaserbündel (Kf). Anschnitte weiterer markloser und markhaltiger Nervenfasern. Vergr. 7500fach. Maßstab 1 μ .
- c) Typische Verteilung markhaltiger und markloser Fasern im N. ischiadicus. Vergr. 3000fach. Maßstab 2 μ .



Abb. 18: Erklärung der Abbildung siehe Seite 34 unten!

jede Nervenbahn eine typische Lage im Nervenquerschnitt inne-
habe, auf neue widerlegt. Bei der Betrachtung der Faszikel-
zahl, -anordnung und -größe im linken und rechten Nerven des-
selben Tieres fand sich bis auf zwei Tiere eine Übereinstimmung.
SUNDERLAND und RAY (1948) konnten ein konstantes Bild im N.
ischiadicus des Menschen nur über 0,25 - 6 mm verfolgen, da
sich das Fazikelmuster infolge von Teilungen sowie einer inneren
Plexusbildung und Positionsänderung der einzelnen Bündel fort-
laufend änderte. Es ist daher wahrscheinlich, daß bei den beiden
obengenannten Tieren, die als einzige deutliche Unterschiede
zwischen dem rechten und linken Ischiadicus zeigten, die Quer-
schnittsbilder nicht genau dem gleichen Niveau entstammten, wenn
auch SUNDERLAND, LAVARACK und RAY (1948) Unterschiede im
Bau der kontralateralen Nerven des gleichen Individuums beob-
achtet haben.

2. Faserzahl und Faserkaliber

Was die Anzahl der Nervenfasern betrifft, so fanden sich
schon innerhalb der einzelnen Tierarten starke Unterschiede. Nur
bei der Betrachtung von rechtem und linkem Ischiadicus-Nerven
desselben Tieres zeigte sich eine annähernde Übereinstimmung in
der Fasersumme mit Abweichungen bis maximal 8 %. Für die et-
was abweichenden Faserzahlen in den korrespondierenden Nerven
der rechten und linken Körperhälfte ließen sich folgende Erklärungen
finden:

1 Möglicherweise zweigte sich an einem der beiden Nerven ein klei-
ner Ast ab, der bei der Zählung nicht mit erfaßt wurde.

2 Es besteht wahrscheinlich ein individueller Rechts-links-Unter-
schied. MICHAILOW (1968) fand bei ein und demselben Menschen in
den rechten und linken Rückenmarkswurzeln gleicher Segmente eine
unterschiedliche Anzahl von Axonen. SUNDERLAND, LAVARACK und

RAY (1949) konnten beträchtliche Differenzen in den Faserzahlen homonymer Hautäste zeigen, da ja auch die von den Nerven versorgten Gebiete nicht gleich groß sind.

3 Die markhaltigen Fasern der Nervenstämmen könnten sich verzweigen (WOHLFART, 1938; SUNDERLAND und LAVARACK, 1953), so daß in den distalen Nervenanteilen eine höhere Faserzahl angetroffen wird als proximal, wenn keine Äste abgehen. Nach BJÖRKMANN und WOHLFART (1936) beträgt dieser sogenannte Distalexzeß im N. tibialis des Meerschweinchens 10 % für eine Strecke von 3 mm.

Weiterhin ist die bisher noch nicht abgehandelte Frage zu beantworten, ob eine Abhängigkeit zwischen der Körpergröße von Tieren und der Zahl der Nervenfasern in einem bestimmten korrespondierenden Nerven besteht. Diese Abhängigkeit ist durchaus zu vermuten, da die Versorgungsgebiete der Nerven bei Tieren verschiedener Größe variieren. So sind z. B. die Innervationsterritorien des N. ischiadicus beim Hippopotamus wesentlich größer als bei einer Maus oder bei einem Meerschweinchen. Die Zahl der Gefäße und Muskelfasern dürfte am Bein des Nilpferdes viel größer sein als im zierlichen Mäusebein. Eine Zunahme der Gesamtzahl der Nervenfasern wäre also die logische Folge dieser anatomischen Konstruktionsunterschiede.

Die Nn. ischiadici der untersuchten Mäuse sind schon rein äußerlich sehr viel feiner als die der Ratten und Meerschweinchen; die letzteren haben wiederum gegenüber dem Nerven der Katze nur geringe Dimensionen. Die durchschnittliche Gesamtfaserzahl stieg von 4283 im N. ischiadicus der Mäuse auf 9344 im gleichnamigen Nerven der Ratte, auf 11 604 im Meerschweinchen-Ischiadicus und auf 22 285 im entsprechenden Katzennerve. Die Abb. 19, S. 38 zeigt, daß zwischen mittlerem Körpergewicht und mittlerer Faserzahl im N. ischiadicus eine nahezu lineare Abhängigkeit besteht.

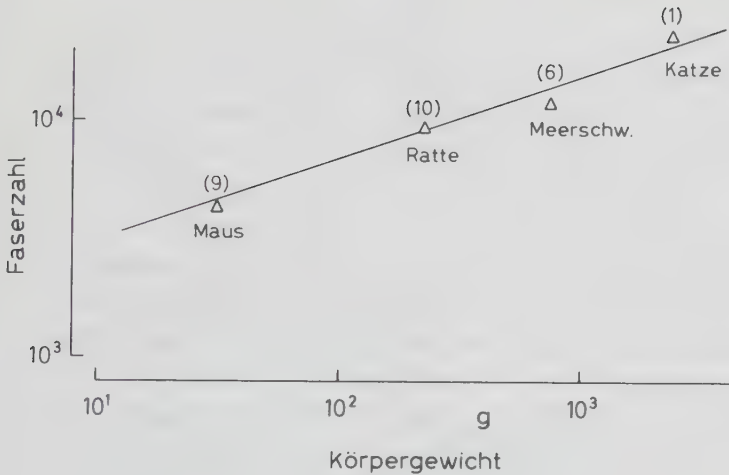


Abb. 19: Abhängigkeit der Anzahl der Nervenfasern im N. ischiadicus vom mittleren Körpergewicht verschiedener Tierarten. Lichtmikroskopie. In Klammern Anzahl der ausgezählten Nn. ischiadici pro Tierart.

Dabei kann man aber nicht von einer absoluten Abhängigkeit zwischen Körpergewicht und Gesamtfaserzahl der Nn. ischiadici sprechen. Die schwerste der untersuchten Ratten wog 270 g. Im zugehörigen N. ischiadicus ließen sich nur 8537 rechte bzw. 8825 linke Fasern auszählen. Dagegen hatte die Ratte mit dem stärksten N. ischiadicus ein Gewicht von nur 215 g. Es spielen also auch individuelle Faktoren wie Stärke, Umfang und Größe der Extremitäten eine Rolle, vermutlich

auch genetische Unterschiede zwischen den Tieren sowie Alter und Ernährungszustand.

Für die Faserzahlverhältnisse in den Nn. ischiadici größerer Individuen, vor allem des Menschen waren in der Literatur keine Anhaltspunkte zu gewinnen. Wenn man aber weiß, daß im N. medianus des Menschen, der schon rein makroskopisch viel dünner als der Nervenstamm des Ischiadicus ist, in Höhe der Mitte des Oberarmes 19 000 - 32 000 Fasern gezählt wurden (MICHAILOW, 1968), so muß man im letzteren eine sehr hohe Faserzahl vermuten. Es kann also auch im weiteren Verlauf der Kurve in Abb. 18 eine direkte Proportionalität zwischen mittlerem Körpergewicht und mittlerer Faserzahl im N. ischiadicus erwartet werden.

Die Größe der Faserkaliber scheint in einem Gegensatz zu den Beobachtungen HÄGGQVISTS (1948) zu stehen. Die Werte, die Häggqvist an einem motorischen Bündel des N. ischiadicus bzw. an der Radix ventralis 26 des Rückenmarks, die zu einem Teil den N. ischiadicus bildet, ermittelt hat, liegen viel niedriger als die von uns gemessenen Werte. Sie betrugen z. B. für Fasern des Mäusenerven 1 - 9 μ , für die des Meerschweinchens 1 - 14 μ , im Katzennerven 2 - 15 μ und beim Hund (Drahthaarterrier und Grand Danois) 1 - 18 und 3 - 17 μ .

Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Glutaraldehyd-Flemming-Präparate hatten sämtlich stärkere Faserkaliber als in den Angaben von Häggqvist. Der Mäusenerv besaß 1 - 12 μ , im Extremfall sogar 13 und 14 μ dicke Fasern, der Meerschweinchen-Ischiadicus 1 - 16 μ , maximal 17 μ , der Ischiadicus der Katze 22 μ - und der entsprechende Hundenerve 24 μ dicke Fasern. Die Schrumpfung wurde bei diesen Zahlen nicht berücksichtigt. Der recht erhebliche Unterschied scheint in der Fixierung und Färbung begründet zu sein, die zu einer beträchtlichen Schrumpfung der mit der Häggqvistschen Modifikation der Alzheimer-Mann-Färbung behandelten Objekte führten.

Legt man die Angaben von GENTELE und SVENSSON (1941) zugrunde, die eine 25 %ige Schrumpfung bei der obengenannten Methode fanden, so erhält man bei Aufrechnung von 25 % auf die Werte von HÄGGQVIST die Zahlen 12 μ für die größten Fasern der Maus, 18 - 19 μ für die des Meerschweinchens, 20 μ für die der Katze und etwa 24 μ für die des Hunde-Ischiadicus. Diese Ergebnisse stimmen erstaunlich gut mit den Meßwerten dieser Arbeit überein, was zugleich auf einen Vorzug der hier angewandten Methode hinzuweisen scheint, die eine Schrumpfung von nur 6 - 8 % erbrachte. Dabei überrascht, daß die Schrumpfung nach Entwässerung und Paraffineinbettung bei glutaraldehydfixierten Nerven so gering ist. An formalinfixierten Präparaten, deren weitere Behandlung mit derjenigen der glutaraldehydfixierten Objekte identisch war, ergab sich eine stärkere Schrumpfung von 15 - 20 %.

Die prozentuale Verteilung der Faserkaliber in den gleichnamigen Nerven einer Tierart zeigte stets annähernd das gleiche Muster. Die dünnen und mittleren Faserdurchmesser überwogen in diesem Bild bei weitem die Zahl der dicken Fasern, die mit zunehmender Gesamtfaserzahl anstieg.

Beim Vergleich der Nervenfaserkaliber muß noch auf die Verjüngung der Fasern in proximo-distaler Richtung hingewiesen werden, die nach der Beschreibung von BJÖRKMANN und WOHLFART (1936) z.B. für den N. tibialis des Meerschweinchens schon auf einer Strecke von nur 3 mm deutlich bemerkt werden konnte, die sich aber in den vorliegenden Untersuchungen an mehreren etwa 2500 μ langen, isolierten Nervenfasern des Meerschweinchens nicht bestätigen ließ. Jedoch enthielt der N. ischiadicus des Oberschenkels der Katze dickere Fasern als der N. peroneus profundus des Unterschenkels, der aus dem gleichen Nervenstamm entspringt (siehe auch FERNAND, V. S. V. und J. Z. YOUNG, 1951; für Muskelnerven vom Kaninchenbein).

Es wurde versucht, die Bedeutung der verschiedenen Faserkaliber in den einzelnen Nervenfaszikeln der Ischiadici zweier Mäuse und eines Meerschweinchens aufzuschlüsseln. Bei Zugrundelegen

der Erfahrungen MICHAÏLOWS (1968), daß Hautnerven 60 - 80 %, Gefäßnerven 65 - 85 % und Muskelnerven 18 - 40 % feine und mittlere Fasern führen, konnten folgende Annahmen gemacht werden:

Die beiden kleinsten Bündel des Mäusenerven mit 200 und 160 Fasern und der Faszikel des Meerschweinchennerven mit 158 Fasern (s. Abb. 5) scheinen Haut- oder Gefäßnerven zu sein. Alle Nerven, die als Haut- oder Gefäßnerven anzusehen waren, enthielten meistens nur sehr wenige Fasern und hatten wegen der dichten Häufung feinsten Fasern nur geringe Abmessungen. Zwei Nervenfaszikel des Meerschweinchen-Ischiadicus ließen sich auf Grund der großen Anzahl ihrer groben Fasern eindeutig als Muskelstämme klassifizieren (s. Abb. 5). Über die Funktion der meisten anderen Bündel läßt sich kaum etwas aussagen, da diese sich im Verlauf ihrer Bahn noch weiter differenzieren.

Diesen bei gleichnamigen Nerven einer Tierart gut übereinstimmenden Ergebnissen stehen die Angaben MICHAÏLOWS (1968) gegenüber, der z. B. für den N. medianus des Menschen in gleicher Höhe einmal 11 % feine und mittlere markhaltige Fasern, ein andermal 45 % solcher Faserelemente ermitteln konnte und damit die Unbeständigkeit des klinischen Bildes bei Verletzungen erklärt. Dieser Autor glaubt, daß aus dem hohen Prozentsatz der feinen Fasern des N. ischiadicus des Menschen auch die hohe Frequenz des Schmerzsyndroms und die vasomotorischen Störungen bei Schädigungen zu verstehen sind.

Die Befunde der Faserkaliberuntersuchung ließen auch auf eine Proportionalität zwischen Körpergröße und Faserdicke schließen. Daß diese Proportionalität nicht so eindeutig sein kann, zeigte HÄGGQVIST (1948), der auch andere Spezies wie Kaninchen, Affe und Mensch untersuchte und feststellte, daß bei allen diesen Arten im Hinblick auf die Faserkaliber sehr ähnliche Verhältnisse bestehen.

3. Beziehungen zwischen Axondurchmesser, Fasergesamtdurchmesser und Markscheidendicke

ENGELHARDT (1951) fand bei mit Pikrofuchsin gefärbten Schnitten des N. tibialis vom Fuchs für den Quotienten "g" ³⁾ Werte von 0,70 für die A-Fasern und 0,95 für die B-Fasern. Bei allen anderen Autoren ergaben sich aber keine Anhaltspunkte dafür, daß sich A- und B-Fasern hinsichtlich ihrer relativen Markscheidendicke unterscheiden.

SCHUCHARDT (1948) studierte Frischpräparate des N. tibialis beim Frosch im polarisierten Licht. Hier stieg g von 0,28 für dünne Fasern von 2,7 μ Durchmesser bis zu 0,54 für dicke Fasern mit einem Kaliber von 7,2 μ . GASSER und GRUNDFEST (1939) erhielten an mit Osmiumsäure gefärbten Querschnitten eines N. saphenus der Katze für Fasern von 2 μ g-Werte von 0,30; ab 8 μ blieb g nahezu konstant bei 0,70 für alle höheren Kaliber. SANDERS (1948) beschrieb einen Anstieg für g von 0,15 auf 0,80 bei Fasern von 1,8 bis 20 μ Durchmesser; die Werte wurden an Weigert-gefärbten Paraffinschnitten des Kaninchenerven nach Flemming-Fixierung gemessen. RUSHTON (1951) legte seinen Untersuchungen zur Leitungsfunktion markhaltiger Fasern den Wert von 0,60 für g zugrunde. Dieser Quotient gilt nach den obigen Ausführungen nur für eine relativ kleine Gruppe von Fasern, nach den Befunden dieser Arbeit am N. ischiadicus im lichtmikroskopisch untersuchten Material für die Gruppe mit den stärksten Faserkalibern.

SANDERS und WHITTERIDGE (1946) setzten am N. peroneus der Ratte Läsionen und maßen die Leitungsgeschwindigkeit. Dabei bemerkten sie, daß nach einer 56 - 146tägigen Regenerationszeit die kräftigsten Fasern vor der Läsionsstelle um 11 % schneller leiteten. Die Markscheiden waren dicker als im entsprechenden

3) Das Verhältnis von Axondurchmesser zu Gesamtdurchmesser der Nervenfaser.

normalen Nerven. Dies spricht dafür, daß die Dicke der Markscheide zumindest ein sehr wichtiger Faktor für das Zustandekommen der Geschwindigkeit der Erregungsausbreitung ist. Die Stärke der Markscheide scheint aber nicht allein für die Leitungsgeschwindigkeit von Bedeutung zu sein, denn sonst wäre es sehr verwunderlich, daß bei gleichem Achsenzylinderdurchmesser im lichtmikroskopischen Material die Mäuse so viel dünnere Markscheiden haben als die Ratten und daß die Myelinmäntel der Nervenfasern des Hundes die der Katze deutlich an Dicke übertreffen. Die Tiere, bei denen die dicksten Markscheiden gemessen wurden, nämlich Hund und Ratte, sind im Hinblick auf ihre Erregungsleitung nicht unbedingt als die schnellsten anzusehen.

Zu analysieren sind noch die Ursachen für die Diskrepanz in der Axon-Markscheiden-Relation im licht- und elektronenmikroskopischen Material. Die starke Differenz der g -Werte könnte in der unterschiedlichen histologischen Methodik und im Einbettungsmittel begründet sein. Dabei ist zu beachten, daß in allen bisherigen lichtmikroskopischen Studien, die mit sehr verschiedenen Methoden durchgeführt wurden, stets Anstiege des Quotienten g beobachtet wurden. Eine Ausnahme stellen nur die Befunde von SCHWARZACHER (1954) dar; in seinem Material wird aber die Schrumpfung mit 40 % angegeben.

Unsere elektronenmikroskopischen Untersuchungen haben gezeigt, daß das Verhältnis von Axondurchmesser zu Gesamtdurchmesser ($=g$) im Bereich der kleineren Faserkaliber bei etwa 4 μ einen deutlichen Gipfel aufweist und anschließend leicht zu einem Plateau abfällt, jedoch immer im Bereich des von RUSHTON (1951) geforderten Wertes von 0,6 bleibt. Hinsichtlich des Gipfels bei niedrigen Faserdurchmessern stimmen unsere Befunde in etwa mit denen von BUCHTHAL und ROSENFALCK (1966) überein. Diese Autoren führten Messungen an elektronenmikroskopischen Photographien des menschlichen N. medianus nach Glutaraldehyd-Fixierung durch. Im Gegensatz zu den von

uns erhobenen Befunden fallen jedoch die g -Werte von Buchthal und Rosenfalck jenseits von etwa 6μ mit zunehmendem Gesamtdurchmesser zu sehr viel niedrigeren Werten ab. Der Verlauf der g -Werte mit steigendem Gesamtdurchmesser wäre damit gerade umgekehrt wie bei unseren und allen anderen lichtmikroskopischen Untersuchungen mit Ausnahme der Werte von SCHWARZACHER (1954). Ob der im Gegensatz zu unseren elektronenmikroskopischen Befunden sehr viel stärkere Abfall der g -Werte in den Untersuchungen von BUCHTHAL und ROSENFALCK (1966) durch methodische Unterschiede in der histologischen Präparation begründet ist oder durch die Tatsache, daß es sich um post mortum entnommene Präparate bzw. überhaupt um menschliche Nerven handelte, kann vorläufig nicht entschieden werden. Es bleibt weiteren elektronenmikroskopischen Studien vorbehalten zu zeigen, ob auch andere elektronenmikroskopische Verfahren der Aufarbeitung peripherer Nerven die von RUSHTON (1951) und HUXLEY u. STÄMPFLI (1949) geforderten g -Werte um 0,6 ergeben, wie sie in der vorliegenden Arbeit gefunden wurden.

4. Internodaldistanz

Es stellte sich heraus, daß die Internodallänge mit zunehmendem Faserdurchmesser wächst, eine Beobachtung, die KEY und RETZIUS schon 1873 machten und die von da an häufig bestätigt wurde (BOYCOTT, 1904; HISCOE, 1947; LEHMANN, 1950). Die graphische Darstellung zeigte eine nahezu lineare Proportionalität (s. Abb. 14, S. 29).

BOYCOTT (1904) stellte am N. ischiadicus von Rana temporaria fest, daß die Zahl der Internodien im ganzen Lebensalter gleich bleibt. Während des Wachstums nimmt die Internodaldistanz im gleichen Verhältnis wie die Länge des gesamten Nerven zu. Diese Erkenntnis wurde von SCHUCHARDT (1947) bestätigt. Nach HURSH (1939) nimmt auch die Leitungsgeschwindigkeit mit

dem Wachstum zu, also mit Zunahme der Länge der Internodien.

Weiter fand sich in den meisten Nerven bei einer geringen Anzahl von Fasern eine konstante Internodallänge von etwa 300 μ , die vom Faserdurchmesser ganz unabhängig war. Solche Fasern werden auch in der Literatur beschrieben (SANDERS und WHITTERIDGE, 1946; HISCOE, 1947) und als regenerierende Fasern angesehen, die die ursprüngliche Leitungsgeschwindigkeit wiedererlangen. VIZOSO (1950) konnte in somatischen Nerven älterer Menschen eine bedeutende Anzahl solcher Nervenfasern mit kurz aufeinanderfolgenden Ranvierschen Schnürringen beobachten. Er schloß daraus, daß diese Fasern im Laufe des Lebens eine völlige De- und Regeneration durchgemacht haben könnten, wonach die Internodien kurz blieben. Diese Befunde sprechen gegen eine absolute Abhängigkeit der Leitungsgeschwindigkeit von der Internodallänge, wie sie HURSH (1939), v. MURALT (1946), KORN-MÜLLER (1947) annahmen. Auch die Beobachtung LEHMANN'S (1951), daß in proximalen Anteilen der peripheren Nerven bei gleicher Leitungsgeschwindigkeit längere Internodien vorhanden sind als in distalen, ist ebenfalls nicht mit dieser Abhängigkeit zu vereinbaren. Die Untersuchungen von HUXLEY u. STÄMPFLI (1952) und RUSHTON (1951) bewiesen auch eine weitgehende Unabhängigkeit der Leitungsgeschwindigkeit von der Internodaldistanz. STÄMPFLI (1952) meint, daß elektrische Leitereigenschaften, besonders kapazitive- und Gleichstromwiderstände des internodalen Faserabschnittes wichtiger für die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Potentialwelle seien als die Internodallänge.

E. ZUSAMMENFASSUNG

Die Nn. ischiadici von 6 Mäusen, 5 Ratten, 3 Meerschweinchen, 1 Hund und 1 Katze wurden nach Glutaraldehyd-Flemming-Fixierung und Sudanschwarz-B-Färbung faseranalytisch untersucht.

- 1) Die Schrumpfung der Nervenfaserverquerschnitte beträgt bei dieser Technik 6 - 8 %.
- 2) Es gibt kein konstantes morphologisches Bild des N. ischiadicus; bündelreiche Nerventypen kommen neben bündelarmen vor.
- 3) Es besteht eine direkte Proportionalität zwischen der Körpergröße eines Tieres und der Faserzahl des N. ischiadicus.
- 4) Die Messungen der Faserkaliber bestätigen die von HÄGGQVIST (1948) ermittelten Zahlen, wenn man die starke Schrumpfung in den Präparaten dieses Autors entsprechend berücksichtigt. Die Fasern der Maus erweisen sich im eigenen Material als die feinsten, die des Hundes als die größten.
- 5) Die Gruppe der feinen und mittleren Faserkaliber mit einem Durchmesser bis einschließlich $6\ \mu$ macht den jeweils größten Prozentsatz der Gesamtfaserzahl des N. ischiadicus aus.
- 6) Für den Quotienten "g" (=mittlerer Axondurchmesser/Fasergesamt-durchmesser) ergibt sich ein stetiger Anstieg von 0,4 für dünne Fasern bis zu 0,60 für die dicksten Fasern. Bei gleichem Gesamtdurchmesser haben die Ratte und der Hund die stärksten, die Maus dagegen die dünnsten Markscheiden.
- 7) Die elektronenmikroskopischen Werte des Quotienten "g" weichen von den lichtmikroskopischen ab. Es ergibt sich bei ersteren eine weitgehende Konstanz um 0,6. Diese Werte entsprechen denen von RUSHTON (1951) aus theoretischen Gründen geforderten. Auch hierbei hat die Ratte die stärksten Markscheiden.

8) Es wird eine lineare Proportionalität zwischen der Internodallänge einer Tierart und dem steigenden Faserdurchmesser bestätigt. Vereinzelt kommen in jedem N. ischiadicus Fasern mit Internodalabständen von ca. 300 μ vor.

F. ANHANG

Tabelle 1

	Faserzahl	dickste F.	dünnste F.	Gewicht d. Tieres
1) <u>Mäuse</u>				
Maus 1 links	3750	10 μ $\emptyset$	1 μ $\emptyset$	♂ 30 g
Maus 2 links	3920	10	1	♂ 31
Maus 3 links	5274	12	1	♀ 33
Maus 3 rechts	5380	13	1	
Maus 4 links	4130	14	2	♂ 30
Maus 4 rechts	4530	12	1	
Maus 5 links	3850	12	1	♀ 34
Maus 6 links	3700	12	1	♂ 30
Maus 6 rechts	3716	12	1	
2) <u>Ratten</u>				
Ratte 1 links	8732	14	2	♀ 204
Ratte 1 rechts	8512	14	2	
Ratte 2 links	11833	14	1	♂ 215
Ratte 2 rechts	11640	12	2	
Ratte 3 links	9235	13	2	♀ 225
Ratte 3 rechts	8752	14	1	
Ratte 4 links	8500	12	2	♀ 220
Ratte 4 rechts	8870	12	1	
Ratte 5 links	8825	14	2	♂ 270
Ratte 5 rechts	8537	15	1	
3) <u>Meerschweinchen</u>				
Meerschw. 1 links	11612	16	1	♂ 670
Meerschw. 1 rechts	11451	16	1	
Meerschw. 2 links	12393	17	2	♂ 830
Meerschw. 2 rechts	12192	16	2	
Meerschw. 3 links	10936	14	1	♀ 750
Meerschw. 3 rechts	11038	15	1	
4) <u>Katze</u>				
Katze rechts (N. peron. prof.)	14017	16	1	2,4 kg
Katze rechts (N. ischiadicus)	22285	22	2	2,4 kg

Fortsetzung Tabelle 1

5) <u>Hund</u>	Faserzahl	dickste F.	dünnste F.	Gewicht d. Tieres
Hund N. isch. rechts (Dalmatiner)	23491	24 μ ϕ	2 μ ϕ	8 kg
Hund 1 N. phren.	687	14	3	16 kg
Hund 2 N. phren.	682	14	2	14 kg

Tabelle 2 b t-Werte (nach STUDENT) für den Mittelwertvergleich der Axondurchmesser der einzelnen Tierarten innerhalb einer Gesamtdurchmesser-Klasse. Zahlen in Klammern: Anzahl der Freiheitsgrade. Lichtmikroskopie.

μ		2-3,9	4-5,9	6-7,9	8-9,9	10-11,9	12-13,9	14-15,9	16-17,9	18-19,9
Maus/Ratte		13,47 (6)	6,38 (55)	8,48 (97)	11,81 (135)	9,97 (130)	-	-	-	-
Maus/Meersch.		1,99 (13)	0,55 (61)	3,39 (112)	5,15 (92)	-0,82 (64)	-	-	-	-
Maus/Katze		-	7,47 (30)	5,36 (62)	6,86 (74)	6,50 (45)	-	-	-	-
Maus/Hund		6,05 (10)	4,70 (25)	10,15 (68)	11,54 (64)	12,00 (47)	-	-	-	-
Ratte/Meersch.		-1,54 (11)	-5,77 (76)	-6,81 (117)	-5,74 (131)	-12,20 (142)	-13,19 (62)	-	-	-
Ratte/Katze		-	2,00 (45)	-0,73 (67)	-3,12 (113)	-2,32 (123)	-8,31 (50)	-0,81 (21)	-	-
Ratte/Hund		-1,45 (8)	0,37 (40)	3,25 (73)	3,51 (103)	4,08 (125)	1,79 (80)	3,91 (22)	-	-
Meersch. /Katze		-	5,35 (51)	7,53 (82)	1,90 (70)	6,85 (57)	2,84 (30)	-	-	-
Meersch. /Hund		1,22 (15)	3,13 (46)	9,53 (88)	7,44 (60)	12,42 (59)	14,20 (60)	-	-	-
Katze/Hund		-	-1,81 (15)	3,27 (38)	7,40 (42)	6,04 (40)	9,34 (46)	9,40 (39)	10,89 (32)	13,02 (14)

Häufigkeiten (n), Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) des Verhältnisses von Axondurchmesser zu Gesamtdurchmesser (g) der einzelnen Tierarten innerhalb einer Gesamtdurchmesser-Klasse. Zahlen in Klammer Anzahl der Freiheitsgrade, Lichtmikroskopie.

μ	2-3,9	4-5,9	6-7,9	8-9,9	10-11,9	12-13,9	14-15,9	16-17,9	18-19,9	20-21,9	22-23,9	24-25,9
Maus	n	5	21	47	49	27	-	-	-	-	-	-
	$\bar{x}$	0,46	0,50	0,50	0,57	0,61	-	-	-	-	-	-
	s_x	0,13	0,03	0,02	0,02	0,02	-	-	-	-	-	-
Ratte	n	3	36	52	88	105	42	3	-	-	-	-
	$\bar{x}$	0,33	0,37	0,42	0,47	0,49	0,51	0,56	-	-	-	-
	s_x	0,00	0,06	0,03	0,04	0,03	0,01	0,00	-	-	-	-
Meerschw.	n	10	42	67	45	39	22	-	-	-	-	-
	$\bar{x}$	0,46	0,47	0,48	0,52	0,59	0,62	-	-	-	-	-
	s_x	0,07	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02	-	-	-	-	-
Katze	n	-	11	17	27	20	10	20	11	6	1	-
	$\bar{x}$	-	0,36	0,43	0,50	0,53	0,56	0,59	0,62	0,62	0,63	-
	s_x	-	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	-
Hund	n	7	6	23	17	22	40	21	8	5	-	3
	$\bar{x}$	0,31	0,35	0,37	0,41	0,45	0,49	0,51	0,54	0,55	-	0,58
	s_x	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	-	0,00

Tabelle 3. b

t-Werte (nach STUDENT) für den Mittelwertvergleich des Verhältnisses von Axondurchmesser zu Gesamtdurchmesser (g) der einzelnen Tierarten innerhalb einer Gesamtdurchmesser-Klasse. Zahlen in Klammern: Anzahl der Freiheitsgrade. Lichtmikroskopie.

μ	2-3,9	4-5,9	6-7,9	8-9,9	10-11,9	12-13,9	14-15,9	16-17,9	18-19,9
Maus/Ratte	1,76 (6)	9,30 (55)	16,25 (97)	16,42 (135)	20,17 (130)	-	-	-	-
Maus/Meersch.	0,09 (13)	1,82 (61)	6,53 (112)	9,82 (92)	2,19 (64)	-	-	-	-
Maus/Katze	-	12,81 (30)	13,08 (62)	14,23 (74)	17,18 (45)	-	-	-	-
Maus/Hund	3,08 (10)	10,82 (25)	21,84 (68)	26,12 (64)	31,97 (47)	-	-	-	-
Ratte/Meersch.	3,04 (11)	-7,59 (76)	-11,70 (117)	-8,69 (131)	-20,78 (142)	-29,02 (62)	-	-	-
Ratte/ Katze	-	0,56 (45)	-1,30 (67)	-4,67 (113)	-6,61 (123)	-10,80 (50)	-3,68 (21)	-	-
Ratte/Hund	0,98 (8)	1,08 (40)	5,31 (73)	5,23 (103)	6,92 (125)	5,30 (80)	3,90 (22)	-	-
Meersch./Katze	-	6,03 (51)	7,50 (82)	3,77 (70)	11,90 (57)	10,48 (30)	-	-	-
Meersch./Hund	5,10 (15)	5,11 (46)	16,47 (88)	16,22 (60)	16,95 (59)	33,04 (60)	-	-	-
Katze/Hund	-	1,61 (15)	5,90 (38)	14,94 (42)	18,17 (40)	14,35 (48)	14,14 (39)	13,31 (32)	12,48 (14)

Tabelle 4

1) Mäuse

Faserdurch- messer in μ	2-3,9 (n=1)	4-5,9 (n=2)	6-7,9 (n=13)	8-9,9 (n=5)	10-11,9 (n=3)	12-13,9 (n=1)
Durchschnittl. Internod. länge μ	315	400	578	730	913	1260
Max. Interno- dallänge μ		450	695	825	1020	
Min. Interno- dallänge μ		350	485	635	810	

2) Ratten

Faserdurch- messer in μ	2-3,9 (n=1)	4-5,9 (n=5)	6-7,9 (n=5)	8-9,9 (n=5)	10-11,9 (n=2)	12-13,9 (n=7)
Durchschnittl. Internod. länge μ	395	500	669	744	1000	1140
Max. Interno- dallänge μ		600	745	880	1100	1250
Min. Interno- dallänge μ		455	535	450	900	970

3) Meerschweinchen

Faserdurch- messer in μ	4-5,9 (n=1)	6-7,9 (n=1)	8-9,9 (n=3)	10-11,9 (n=5)	12-13,9 (n=2)	14-15,9 (n=5)	16-17,9 (n=1)
Durch- schnittl. Int. nod. - länge μ	400	410	410	806	962	1168	975
Max. Int. - nod. länge μ			670	890	995	1335	
Min. Int. - nod. länge μ			280	740	930	1020	

Fortsetzung Tabelle 4

4) Katze, N. ischiadicus

Faser- Ø in µ	8-9,9 (n=1)	10-11,9 (n=1)	12-13,9 (n=1)	14-15,9 (n=1)	16-17,9 (n=3)	18-19,9 (n=2)	20-21,9 (n=1)
Durchschnittl. Int. nod. - länge µ	495	820	935	960	1220	1375	1450
Max. Int. - nod. länge µ					1260	1380	
Min. Int. - nod. länge µ					1150	1370	

5) Hund, N. ischiadicus

Faserdurch- messer in µ	4-5,9 (n=2)	6-7,9 (n=2)	8-9,9 (n=1)	10-11,9 (n=1)	12-13,9 (n=1)
Durchschnittl. Internod. länge µ	425	480	695	890	940
Max. Internodallänge µ	430	520			
Min. Internodallänge µ	420	440			

Tabelle 6 a

Häufigkeiten (n), Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s_x) des Verhältnisses von Axondurchmesser zu Gesamtdurchmesser (g) der einzelnen Tierarten innerhalb einer Gesamtdurchmesser-Klasse. Zahlen in Klammern: Anzahl der Freiheitsgrade.
Elektronenmikroskopie.

	μ	1,5-2,4	2,5-3,4	3,5-4,4	4,5-5,4	5,5-6,4	6,5-7,4	7,5-8,4	8,5-9,4	9,5-10,4	10,5-11,4	11,5-12,4
Maus	n	7	6	3	7	6	7	4	7	1	-	-
	$\bar{x}$	0,62	0,63	0,65	0,66	0,66	0,64	0,64	0,65	0,67	-	-
	s_x	0,06	0,04	0,02	0,05	0,03	0,01	0,01	0,02	0,00	-	-
Ratte	n	3	7	6	4	1	4	3	4	1	-	5
	$\bar{x}$	0,67	0,68	0,70	0,64	0,69	0,57	0,61	0,61	0,63	-	0,61
	s_x	0,06	0,07	0,05	0,01	0,00	0,04	0,02	0,01	0,00	-	0,00
Meersch.	n	2	9	11	7	13	7	5	4	2	1	1
	$\bar{x}$	0,53	0,66	0,70	0,68	0,68	0,64	0,67	0,67	0,67	-	0,66
	s_x	0,01	0,02	0,03	0,05	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	-	0,00
Hund	n	-	3	4	4	1	2	2	2	3	1	-
N. phren.	$\bar{x}$	-	0,70	0,69	0,67	0,63	0,63	0,61	0,60	0,65	-	-
	s_x	-	0,03	0,02	0,08	0,00	0,01	0,04	0,03	0,05	-	-

Tabelle 6 b

t-Werte (nach STUDENT) für den Mittelwertvergleich des Verhältnisses von Axon-
durchmesser zu Gesamtdurchmesser (g) der einzelnen Tierarten innerhalb einer
Gesamtdurchmesser-Klasse. Zahlen in Klammern: Anzahl der Freiheitsgrade.
Elektronenmikroskopie.

	p	1,5-2,4	2,5-3,4	3,5-4,4	4,5-5,4	5,5-6,4	6,5-7,4	7,5-8,4	8,5-9,4	9,5-10,4
Meerschw. / Maus	-2,19 (7)	1,88 (13)	2,92 (12)	0,84 (12)	1,05 (17)	-0,09 (12)	3,95 (7)	2,46 (9)	-	-
Meerschw. / Ratte	-3,04 (3)	-0,75 (14)	-0,15 (15)	1,41 (9)	-	3,95 (9)	4,55 (6)	8,42 (6)	-	-
Maus/Ratte	-1,22 (8)	-1,56 (11)	-1,59 (7)	0,66 (9)	-	4,61 (9)	1,74 (5)	3,84 (9)	-	-
Meerschw. / Hund	-	-2,24 (10)	0,89 (13)	0,41 (9)	-	0,88 (7)	3,27 (5)	4,94 (4)	0,53 (3)	-
Maus/Hund	-	-2,49 (7)	-2,25 (5)	-0,16 (9)	-	1,65 (7)	1,23 (4)	3,06 (7)	-	-
Ratte/Hund	-	-0,45 (8)	0,57 (8)	-0,54 (6)	-	-1,90 (4)	0,02 (3)	0,62 (4)	-	-

Tabelle 7 Wahrscheinlichkeiten P, daß die in Abb. 15 für die verschiedenen Tierarten dargestellten Regressionsgeraden (Abhängigkeit der Internodallänge vom Gesamtdurchmesser) sich hinsichtlich des Abstandes in y-Richtung nicht unterscheiden. Lichtmikroskopie,
(n=Anzahl der untersuchten Fasern)

	n	Ratte	Meerschw.	Hund	Katze (n=10)
Maus	25	0,05	0,001	0,05	0,001
Ratte	25	-	0,001	0,01	0,001
Meerschwein- chen	18	-	-	0,05	0,05
Hund	7	-	-	-	0,05

Tabelle 8 Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten (r) der Korrelationen Internodallänge gegen Gesamtdurchmesser und L/D (Internodallänge zu Gesamtdurchmesser) gegen Gesamtdurchmesser für die verschiedenen Tierarten. Lichtmikroskopie.

	Internodallänge zu Gesamtdurchmesser	L/D zu Gesamtdurchmesser
Maus	$y=24,93+88,55 x$ $r=0,91$	$y=88,31 - 0,35 x$ $r=0,07$
Ratte	$y=105,46+79,01 x$ $r=0,92$	$y=110,83 - 1,96 x$ $r= 0,44$
Meerschwein- chen	$y=165,36+86,76 x$ $r=0,91$	$y=54,13 + 1,48 x$ $r=0,34$
Katze	$y=61,08+74,88 x$ $r=0,98$	$y=62,70 + 0,50 x$ $r=0,31$
Hund	$y=41,31+71,60 x$ $r=0,98$	$y=85,88 - 0,95 x$ $r=0,53$

G. LITERATURVERZEICHNIS

- BJÖRKMANN, A. und G. WOHLFART:
Faseranalyse des N. oculomotorius, trochlearis und
abducens des Menschen und des N. abducens verschie-
dener Tiere.
Z. mikr.-anat. Forschung 39, 631-647 (1936)
- BOYCOTT, A. E.:
On the number of the nodes of Ranvier in different
stages of the growth of nerve fibres in the frog.
J. of Physiology 30, 370-380 (1904)
- BROWNLEE, K. A.:
Statistical theory and methodology in science and
engineering. 2. Aufl.
New York, J. Wiley and sons inc. 1965
- BUCHTHAL, F. and A. ROSENFALCK:
Evoked action potentials and conduction velocity in
human sensory nerves.
Brain Research 3, 1-122 (1966)
- BURCK, H. C.:
Histologische Technik.
Stuttgart, G. Thieme 1966
- ECCLES, J. C. and C. S. SHERRINGTON:
Numbers and contraction values of individual motor-
units examined in some muscles of the limb.
Proc. Roy. Soc. London, Ser. B 106, 326-357 (1930)
- ENGELHARDT, A:
Abhängigkeit der Erregungsleitungsgeschwindigkeit vom
Bau der Fasern peripherer Nerven.
Z. vergl. Physiol. 33, 378-386 (1951)
- FERNAND, V. S. V. and I. YOUNG:
The size of the nerve fibres of muscle nerves.
Proc. Roy. Soc. Lond., Ser. B, 139, 38-58 (1951/52)
- GASSER, H. S.:
Cold Spr. Harb. Symp. quant. Biol. 17, 32-36 (1952)
- GASSER, H. S.:
Properties of dorsal root unmyelinated fibres of the
two sides of the ganglion.
J. gen. Physiol. 38, 709-728 (1955)
- GASSER, H. S. and H. GRUNDFEST:
Axon diameters in relation to the spike dimensions
and the conduction velocity in mammalian A-fibers.
Amer. J. Physiol. 127, 393-414 (1939)

- GENTELE, H. und A. SWENSSON:
Über die Kaliberverhältnisse der hinteren Rücken-
markswurzeln beim Menschen.
Z. mikr.-anat. Forschung 50, 190-206 (1941)
- GLAUERT, A. M. and R. H. GLAUERT:
Araldite as an Embedding Medium for Electron Micro-
scopy.
J. of Biophys. and Biochem. Cytology 4/1, 191-194
(1958)
- HÄGGQVIST, G.:
Nervenfaserkaliber bei Tieren verschiedener Größe.
Anat. Anz. 96, 398-412 (1947/48)
- HESS, A.:
The fine structure and morphological organization of
non-myelinated nerve fibres.
Proc. Roy. Soc. 144, 496-506 (1956)
- HISCOE, H. B.:
Distribution of nodes and incisures in normal and
regenerated nerve fibers.
Anat. Record 99, 447-476 (1947)
- HURSH, J. B.:
Conduction velocity and diameter of nerve fibers.
Am. J. Physiol. 127, 131-139 (1939)
- HUXLEY, A. F. and R. STÄMPFLI:
Evidence for saltatory conduction in peripheral
myelinated nerves.
J. of Physiol. 108, 315-339 (1949)
- KEY, A. und G. RETZIUS:
Studien in der Anatomie des Nervensystems.
Arch. mikrosk. Anat. 9, 308-386 (1873)
- KORNMÜLLER, A. E.:
Die Elemente der nervösen Tätigkeit.
Stuttgart, Georg Thieme (1947)
- LEHMANN, H. J.:
Über das strukturelle und quantitative Verhalten der
Schmidt-Lantermannschen Einkerbungen und der
Schwannschen Segmente.
Z. Zellforsch. 35, 213-228 (1950)
- LEHMANN, H. J.:
Das quantitative Verhalten der Nervensegmente und
die Theorie der saltatorischen Erregungsleitung.
Zeitschr. Zellforsch. 36, 273-283 (1951)

- MICHAILOW, S. :
Über die Gesetzmäßigkeiten des inneren Baues der
peripheren Nerven.
Anat. Anz. Erg. z. 121. Bd. 261-275 (1968)
- MURALT, A. v. :
Die Signalübermittlung im Nerven.
Basel, Birkhäuser 1946
- OCHOA, J. and W. G. P. MAIR:
The normal sural nerve in man, I Ultrastructure and
Numbers of Fibres and Cells.
Acta neuropath. 13, 197-216 (1969)
- PEARSE, E. :
Histochemistry, 2nd ed. London, Churchill 1961
- REXED, B. :
Contributions to the knowledge of the postnatal
development of the peripheral nervous system in
man; study of the basis and scope of systematic
investigations into fibre size in peripheral nerves.
Acta psychiatr. (Københ.) Suppl. 33, 1-206 (1944)
- ROMEIS, B. :
Mikroskopische Technik, 16. Neubearb. und verb.
Aufl. München, Wien 1968, R. Oldenburg-Verlag
- RUSHTON, W. A. H. :
A theory of the effects of fibre size in medullated
nerve.
J. of Physiol. 115, 101-122 (1951)
- SABATINI, D. R., K. L. BENSCH and R. J. BARNETT:
Cytochemistry and electron microscopy. The preser-
vation of cellular ultrastructure and enzymatic
activity by aldehyde fixation.
Journ. Cell. Biol. 17, 19-58 (1963)
- SANDERS, F. K. :
The thickness of myelin sheaths of normal and
regenerating peripheral nerve fibres.
Proc. Roy. Soc. Lond., Ser. B, 135, 323-357 (1948)
- SANDERS, F. K. and D. WHITTERIDGE:
Conducting velocity and myelin thickness in regenera-
ting nerve fibers.
J. of Physiol. 105, 152-174 (1946)
- SCHMITT, F. O. and R. S. BEAR:
The optical properties of vertebrate nerve axons as
related to fiber size.
J. cell. and comp. Physiol. 9, 261-273 (1937)

SCHUCHARDT, E.:

Der Zusammenhang zwischen Faserdurchmesser und Länge der interanulären Segmente bei Fasern des N. ischiadicus von Fröschen verschiedener Wachstumsstadien.

Anat. Anz. 96, 241-253 (1947)

SCHUCHARDT, E.:

Maßzahlen über Achsenzylinder und Markscheide markhaltiger Nervenfasern des Kaltblütlers. Messungen am N. ischiadicus von *Rana esculenta*.

Arch. f. Psychiatr. und Z. Neur. 179, 451-457 (1948)

SCHWARZACHER, H. G.:

Markscheidendicke und Achsenzylinderdurchmesser im peripheren menschlichen Nerven.

Acta anat. (Basel) 21, 26-46 (1954)

SHERINGTON, C. S.:

On the anatomical constitution of nerves of skeletal muscles; with remarks on recurrent fibers in the ventral spinal nerve root.

J. of Physiol. 17, 211-258 (1894)

SPAAN, G., G. SCHNEPP, P. SCHNEPP, A. OKSCHE und F. W. KLUSSMANN:

Nervenleitungsgeschwindigkeit, Faserdicke und Internodallänge myelinisierter Nerven bei Tierarten verschiedener Größe.

Demonstration auf der 36. Tagung der deutschen Physiologischen Gesellschaft vom 23.-27.9.1969 und in Pflügers Arch. 312, 152 (1969)

SPAAN, G. und F. W. KLUSSMANN:

Die Frequenz des Kältezitterns bei Tierarten verschiedener Größe.

(z. Z. in Pflügers Archiv im Druck)

STÄMPFLI, R.:

Neuere Theorien der Nervenleitung.

In: Die Chemie und der Stoffwechsel des Nervengewebes. Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer 1952

STOEHR, Ph. jr.:

Die peripherische Nervenfasern.

In: Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, Bd. IV/1 (Hrsg. W. v. Möllendorf) p. 158, Berlin, Springer 1928

STOFFEL, A.:

Beiträge zu einer rationellen Neurochirurgie.

Münchn. Med. Wschr. 4, 175-179 (1913)

- SUNDERLAND, S. and L. J. RAY:
The intraneural topography of the sciatic nerve and
its popliteal divisions in man.
Brain 71, 242-273 (1948)
- SUNDERLAND, S., J. O. LAVARACK and L. J. RAY:
The caliber of nerve fibers in human cutaneous
nerves.
J. comp. Neurol. 91, 87-101 (1949)
- SUNDERLAND, S. and J. O. LAVARACK:
The branching of nerve fibers.
Acta anat. (Basel) 17, 46-61 (1953)
- TATESI, S. (1940), zitiert nach FERNAND and YOUNG
- TAYLOR, G. W. :
The correlation between sheath birefringence and
conduction velocity with special reference to cat
nerve fibers.
J. cell. and comp. Physiol. 20, 359 (1942)
- TAYLOR, G. W. :
The optical properties of the earthworm giant fiber
sheath as related to fiber size.
J. cell. and comp. Physiol. 15, 363-371 (1940)
- TOMASCH, J. und H. G. SCHWARZACHER:
Die innere Struktur peripherer menschlicher Nerven
im Lichte faseranalytischer Untersuchungen.
Acta anat. (Basel) 16, 315-354 (1952)
- VIZOSO, A. D. :
The relationship between internodal length and growth
in human nerves.
J. of Anat. 84, 342-353 (1950)
- WASANO, T., T. TAGAWA, Y. UEHARA, K. ODA, A. MIYAKE,
T. OKABE and S. KOGA:
Fiber analytical studies on the peripheral motor
nerves.
Kyushu J. Med. Sci. 13, 1-22 (1962)
- WOHLFART, G. :
Über den inneren Bau der peripheren Nervenstämme.
Z. mikr.-anat. Forsch. 43, 191-206 (1938)

Herrn Prof. Dr. Oksche und Herrn Priv.-Doz. Dr.
Klussmann, die uns das Thema überließen, möchten
wir herzlich danken für die stets wohlwollende Unter-
stützung und kritische Beratung, die es ermöglich-
ten, diese Arbeit vorzulegen.

Lebenslauf

Am 15. Juli 1943 wurde ich, Gislinde Schnepf, geb. Rost, in Jena/Thüringen geboren. Dort besuchte ich knapp acht Jahre die Grundschule. Im April 1958 verließen meine Eltern, zwei Geschwister und ich die Ostzone, da mein Vater politisch nicht aktiv war und daher Schwierigkeiten für seine berufliche Weiterentwicklung als Zahnarzt und als "Intellektueller" für die gewünschte Hochschulausbildung seiner Kinder fürchten mußte. Ich wurde in die Untertertia des Tegernseer Gymnasiums aufgenommen. Durch einen Umzug meiner Familie kam ich 1959 nach Gießen. Hier besuchte ich bis zum Abitur (1964) die Ricarda Huch-Schule. Anschließend studierte ich in Gießen Medizin, bestand 1966 das Physikum und begann 1967 gemeinsam mit meinem Studienkollegen und jetzigen Ehemann Peter Schnepf mit den Untersuchungen zu der vorliegenden Arbeit. Nach elfsemestrigem Studium in Gießen legte ich im Januar 1970 das Staatsexamen ab. In der Medizinischen- und in der Chirurgischen Univ.-Klinik Gießen arbeitete ich als Medizinalassistentin. Zur Zeit bin ich in der Univ.-Hautklinik tätig. Ich strebe eine Facharztausbildung auf dem Gebiet der Dermatologie an und möchte dabei meine histologischen Kenntnisse erweitern.

Gislinde Schnepf

Gießen 1970

Lebenslauf

Am 2. Oktober 1942 wurde ich in Bad-Kreuznach geboren. In Bundenbach, einem Dorf bei Kirn/Nahe, besuchte ich fünf Jahre die Grundschule, anschließend zwei Jahre das Städtische Progymnasium in Kirn und zwei Jahre das Naturwissenschaftliche Gymnasium in Idar-Oberstein. Durch eine berufliche Versetzung meines Vaters kam ich 1958 nach Gießen. Hier legte ich nach sechsjährigem Unterricht am Humanistischen Gymnasium 1964 das Abitur ab und studierte danach an der Gießener Justus Liebig-Universität Medizin. Nach fünf Semestern bestand ich im Oktober 1966 das Physikum. 1967 begann ich gemeinsam mit meiner damaligen Kommilitonin und jetzigen Ehefrau Gislinde, geb. Rost, mit den Studien zur vorliegenden Arbeit. Nach elfsemestrigem Studium legte ich im Januar 1970 in Gießen das Staatsexamen ab. In der Medizinischen- und Chirurgischen Univ.-Klinik und in der Univ.-Hautklinik Gießen arbeitete ich als Medizinalassistent. Ich strebe eine Fachausbildung auf dem Gebiet der Chirurgie und eventuell der Neurochirurgie an, da ich während der Arbeit am Anatomischen Institut und der Medizinalassistentenzeit an der manuellen Tätigkeit und der operativen Technik Gefallen gefunden habe.

Peter Schnepf

Gießen 1970

